



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

Sci
2880.60

HARVARD COLLEGE LIBRARY



BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY

PETER PAUL FRANCIS DEGRAND

(1787-1855)

OF BOSTON

FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION

SCIENCE CENTER LIBRARY



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

3^e SÉRIE — TOME XV — 1901

CONGRÈS INTERNATIONAL
DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

TRAVAUX DU CONGRÈS

SAINT-ÉTIENNE
SOCIÉTÉ DE L'IMPRIMERIE THÉOLIER — J. THOMAS & C^e
12, Rue Gérodet, 12

1901

Δ
Sci 2880.60



DeGrand fund

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

CONGRÈS INTERNATIONAL
DES
MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

PARIS — 18 au 23 juin 1900.

CHAPITRE I

ORGANISATION DU CONGRÈS ET TRAVAUX PRÉPARATOIRES

I. — CONSTITUTION DU COMITÉ D'ORGANISATION

Un arrêté de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, du 11 juin 1898, institua une série de Congrès internationaux qui devaient se tenir à Paris pendant la durée de l'Exposition universelle de 1900.

La Société de l'Industrie Minérale (de Saint-Etienne) qui avait en 1878 et en 1889 organisé, à l'occasion des Expositions universelles, des Congrès des Mines et de la Métallurgie auxquels prirent part des ingénieurs étrangers en grand nombre, avait décidé de tenir une session nouvelle à Paris en 1900, et demanda à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie de

comprendre ce Congrès dans la série des Congrès officiels.

En conséquence, un arrêté du 18 mars 1899 de M. le Commissaire Général de l'Exposition nomma membres de la Commission d'organisation du Congrès :

MM.

AGUILLON, inspecteur général des mines, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

BERGERON, ingénieur civil, professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

BIÉTRIX, gérant des ateliers de la Société de la Chaléassière.

BOUCHERON, ingénieur civil, professeur à l'Ecole Centrale.

BRESSON, ingénieur civil des Mines.

BRULL, ancien président de la Société des ingénieurs civils.

BUQUET, directeur de l'Ecole Centrale.

CARNOT Adolphe, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines.

DE CASTELNAU, ingénieur en chef des Mines, ingénieur-conseil des Mines de la Grand'Combe et de Nœux.

COURIOT, ingénieur civil, professeur à l'Ecole Centrale.

DARCY, président du Comité central des Houillères de France.

DELAFOND, inspecteur général des Mines.

DREUX, directeur des Aciéries de Longwy.

DUJARDIN-BEAUMETZ, ingénieur-conseil de la Compagnie de Carmaux.

DUVAL, directeur général de la Compagnie de Fives-Lille.

FAYOL, directeur général de la Société de Commentry-Fourchambault.

GRUNER, ingénieur civil, secrétaire du Comité central des Houillères de France.

HATON DE LA GOUPILLIÈRE, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, directeur de l'Ecole nationale supérieure des Mines.

JORDAN, ingénieur civil, professeur à l'Ecole Centrale, ancien président de la Société des ingénieurs civils.

LEDoux, ingénieur en chef des Mines, ingénieur conseil de la Compagnie d'Anzin et de la Société de Ronchamp.

LODIN, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

DE MONTGOLFIER, directeur des Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer.

DE NERVO, président de la Société de Denain et Anzin.

NIVOIT, inspecteur général des Mines, professeur à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées.

PARRAN, directeur de la Compagnie de Mokta-el-Hadid.

PELLÉ, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

ROGÉ, maître de forges à Pont-à-Mousson.

ROLLAND (Georges), ingénieur en chef des Mines, maître de forges à Gorcy.

SCHNEIDER (Eugène), député, gérant des établissements du Creusot.

TAUZIN, ingénieur en chef des Mines, directeur de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, président de la Société de l'Industrie Minérale.

VICAIRE, inspecteur général des Mines, vice-président du Conseil général des Mines.

DE WENDEL, président du Comité des Forges de France.

Séance constitutive du Comité d'organisation

La première séance du Comité d'organisation eut lieu le 29 avril 1899, sous la présidence de M. GARIEL, délégué général aux Congrès.

Etaient présents : MM. Bergeron, Biétrie, Boucheron, Bresson, Buquet, Brüll, de Castelnau, Couriot, Dujardin-Beaumetz, Fayol, Gruner, Haton de la Goupillière, Jordan, Rolland, Schneider, Tauzin, Vicaire.

S'étaient excusés : MM. Delafond, Duval, Nivoit, Pellé.

Sur la proposition de M. Gariel, le Comité procède à l'élection de son Bureau.

Sont successivement nommés :

Président : MM. HATON DE LA GOUPILLIÈRE.

Vice-Présidents : JORDAN.
FAYOL.
VICAIRE.
AGUILLON.

Secrétaire-Général : GRUNER.

Secrétaires : BRESSON.
BERGERON.
PELLÉ.
DE CASTELNAU.

M. Gariel attire l'attention du Comité sur la double série de questions qu'il est appelé à traiter :

1° Questions administratives :

Epoque du Congrès et sa durée ;

Local où se tiendra le Congrès ;

Règlement ;

Cotisation, etc.

2° Questions techniques :

M. Gariel se garde de s'immiscer dans le domaine propre du Congrès ; mais il croit cependant devoir attirer l'attention du Comité :

1° Sur l'intérêt qu'il y a : à limiter le nombre des questions à porter à l'ordre du jour ;

à les préciser d'une façon très nette ;

à les introduire au moyen d'un rapport sommaire qui serait imprimé et distribué à l'avance ;

2° Sur l'opportunité de justifier le caractère international du Congrès en faisant appel à des rapporteurs étrangers ;

3° Sur la convenance qu'il peut y avoir à réserver un jour ou certaines séances aux questions non prévues à l'avance dès la rédaction du programme, mais proposées par un adhérent et acceptées par le Comité ou son Bureau après examen du résumé écrit de cette communication.

M. Gariel déclare son rôle terminé et invite M. Haton de la Goupillière à prendre la présidence.

M. Haton de la Goupillière remercie M. Gariel pour ses indications et conseils et tous ses collègues pour l'honneur très imprévu qu'ils viennent de lui faire.

Après discussion, le Comité décide que les séances du Bureau se tiendront à l'Ecole des Mines et les séances plénières du Comité au Comité central des Houillères qui met ses bureaux à la disposition du Congrès.

Le Comité charge son Bureau :

1° De préparer un projet de règlement, en s'inspirant du règlement type de l'Administration, du règlement du

Congrès de 1889 et de celui qui a été récemment préparé en vue du Congrès de mécanique.

2° De préparer un projet de questions à traiter, et de rechercher les noms de rapporteurs éventuels, français ou étrangers.

3° De fixer avec M. Gariel la date du Congrès, en choisissant autant que possible entre le 15 juin et le 15 juillet.

4° De rechercher éventuellement des salles, pour le cas où l'Exposition ne pourrait en fournir.

5° D'étudier les chiffres à fixer pour les cotisations, en distinguant :

a. Les membres donateurs.

b. Les membres adhérents.

A cette occasion, M. Tauzin annonce que, comme en 1889, la Société de l'Industrie Minérale prendra à sa charge l'impression des mémoires à distribuer avant le Congrès, des discussions et des comptes-rendus de visites.

M. Haton de la Goupillière charge M. Tauzin de transmettre à la Société de l'Industrie Minérale les plus vifs remerciements du Comité d'organisation.

Dans une séance postérieure du Comité d'organisation, M. de Castelnau fut élu trésorier du Congrès.

Avant l'ouverture du Congrès, le Comité d'organisation eut à déplorer la perte d'un de ses vice-présidents, M. Jordan, professeur à l'Ecole Centrale.

M. Jordan fut remplacé dans ses fonctions de vice-président, par M. Buquet, directeur de l'Ecole Centrale.

Le bureau du Comité d'organisation fut donc définitivement composé de la manière suivante :

Président : M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, directeur de l'Ecole nationale supérieure des Mines.

Vice-Présidents : M. JORDAN, ingénieur civil, professeur à l'Ecole centrale, ancien président de la Société des Ingénieurs civils (décédé).

M. FAYOL, ingénieur civil des mines, directeur général de la Compagnie de Commentry-Fourchambault et Decazeville.

M. VICAIRE, inspecteur général, vice-président du Conseil général des mines.

M. AGUILLON, inspecteur général des mines, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

M. BUQUET, directeur de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

Secrétaire général : M. GRUNER, ingénieur civil des mines, secrétaire du Comité central des Houillères de France.

Trésorier : M. DE CASTELNAU, ingénieur en chef des mines, ingénieur-conseil des mines de la Grand-Combe et des mines de Nœux.

Secrétaires : M. BRESSON, ingénieur civil des mines, ancien directeur des usines et domaines de la Staats Bahn, à Vienne.

M. BERGERON, ingénieur civil, professeur à l'Ecole centrale.

M. PELLÉ, ingénieur en chef des mines, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

Le Secrétariat du Congrès fut fixé au Comité central des Houillères de France, 55, rue de Châteaudun.

La Trésorerie fut constituée au siège social de la Compagnie des mines de la Grand'Combe, 13, rue Saint-Lazare.

II. — TRAVAUX DU COMITÉ D'ORGANISATION

Le Bureau du Comité et le Comité se réunirent à différentes reprises.

Dans ces diverses réunions les décisions suivantes furent préparées par le Bureau et votées par le Comité.

Nous les indiquons ci-après par ordre de matières.

Date du Congrès. — La date d'ouverture du Congrès fut fixée, d'accord avec M. Gariel, au lundi 18 juin et il fut décidé que le Congrès durerait une semaine (18 au 25 juin), que les matinées seraient réservées à des visites à l'Exposition, et que les séances se tiendraient l'après-midi.

Le premier jour (lundi 18 juin) serait consacré à la séance d'ouverture le matin ; l'après-midi serait laissée à la disposition des congressistes.

Lieu des séances. — La Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (44 rue de Rennes), ayant mis gracieusement ses salles à la disposition du Congrès, il fut décidé que la section des Mines tiendrait ses séances dans la grande salle, et que le Secrétariat serait pendant la durée du Congrès installé dans une salle dépendant de la même Société ; quant à la section de Métallurgie il fut décidé qu'elle siègerait dans la salle de la Société de Géographie (184, boulevard Saint-Germain), qui fut louée à cet effet.

Règlement. — Un projet de règlement fut préparé par le Bureau et adopté par la Commission d'organisation.

Voici le texte adopté :

Règlement.

Article premier. — Conformément à la décision de M. le Commissaire général de l'Exposition, en date du 18 mars 1899, il est institué à Paris un Congrès International des Mines et de la Métallurgie, qui sera rattaché à la série des Congrès prévus par l'arrêté ministériel du 11 juin 1898.

Art. 2. — Le Congrès s'ouvrira le lundi 18 juin 1900 et se terminera le samedi 23 juin.

Art. 3. — Seront membres du Congrès et en recevront seuls les publications :

1° Les *délégués des Administrations publiques françaises* et les *délégués des Gouvernements étrangers* ;

2° Les *Donateurs* qui auront versé une somme d'au moins 50 francs ;

3° Les *Adhérents* qui auront acquitté la cotisation dont le montant est fixé à 20 francs.

Art. 4. — Chaque membre du Congrès recevra une carte d'identité qui sera strictement personnelle et donnera droit à l'entrée gratuite de l'Exposition pendant la durée du Congrès.

Art. 5. — La Commission d'organisation, nommée par le Commissaire général de l'Exposition, est chargée de préparer les travaux et opérations du Congrès.

Elle reste constituée pendant et après la session pour assurer les services administratifs du Congrès.

Art. 6. — Le Congrès comporte, en dehors de la séance solennelle d'ouverture :

Des séances générales, consacrées alternativement, de deux jours l'un, aux mines et à la Métallurgie.

Des séances de section, consacrées à l'étude spéciale de certaines questions de Mines ou de Métallurgie ;

Des visites à l'Exposition ou à divers établissements scientifiques ou usines.

Les séances générales et de section auront, en principe, lieu l'après-midi.

La matinée sera consacrée aux visites.

Art. 7. — Le Président de la Commission d'organisation préside la séance d'ouverture et fait procéder à la nomination du Bureau du Congrès.

Le Bureau du Congrès se compose :

D'un Président ;

De Présidents d'honneur ;

De Vice-Présidents ;

D'un Secrétaire général ;

Et de Secrétaires.

Art. 8. — Des rapports seront préparés sur des questions intéressantes. Les rapporteurs seront désignés par la Commission d'organisation.

Ceux de ces rapports qui seront en langue étrangère seront traduits en français.

Les rapports ne seront distribués qu'aux adhérents.

Aucun travail ne peut être présenté en séance ni servir de point de départ à une discussion si, quinze jours avant l'ouverture de la session, l'auteur n'en a communiqué le résumé et la conclusion en français, à la Commission d'organisation, et si la Commission n'en a prononcé l'inscription à l'ordre du jour.

Art. 9 — Les membres du Congrès ont seuls le droit d'assister aux visites collectives et aux séances.

Art. 10. — En séance générale ou de section, l'exposé de la question par le rapporteur désigné ne devra pas occuper plus de quinze minutes ; les orateurs prenant

part à la discussion ne pourront garder la parole plus de dix minutes, ni parler plus de deux fois dans la même séance sur le même sujet, sauf décision spéciale de l'Assemblée.

Art. 11. — Toutes les opinions restent individuelles.

Les questions discutées en séance du Congrès ne donneront lieu à aucun vote.

Art. 12. — Les orateurs sont invités à remettre, pour le procès-verbal, un résumé écrit de leurs observations. Si ce résumé n'a pas été remis dans les vingt-quatre heures au Secrétaire de la séance, la rédaction préparée par le Bureau sera seule admise.

Le Bureau peut condenser, s'il y a lieu, les résumés qui lui auront été remis.

Art. 13. — Les procès-verbaux sommaires des séances et des visites seront publiés et distribués aussi rapidement que possible.

Art. 14. — Les rapports, procès-verbaux et comptes-rendus seront revus par la Commission d'organisation et pourront être publiés par les soins de la Société de l'Industrie minérale de Saint-Etienne, dans son *Bulletin*.

Art. 15. — Le Bureau du Congrès, pendant la session, le Bureau de la Commission d'organisation, avant et après, statuent en dernier ressort sur tout incident non prévu au règlement.

Toutes les communications relatives au Congrès doivent être adressées à M. Gruner, Secrétaire Général de la Commission d'organisation, Secrétaire du Comité central des Houillères de France, 55, rue de Château-dun, à Paris.

Membres. — Le Comité décida de considérer comme membres du Congrès :

1° A titre de *Délégués*, les représentants désignés par les administrations publiques françaises et les gouvernements étrangers ;

2° A titre de *Membres donateurs*, les personnes qui verseraient une somme d'au moins 50 francs ;

3° A titre de *Membres adhérents*, les personnes qui acquitteraient une cotisation de 20 francs.

Banquet. — Le Comité décida qu'il y aurait lieu d'engager tous les congressistes à se réunir en un banquet et les salons de l'Hôtel Continental furent retenus à cet effet pour le jeudi 21 juin.

Chemins de fer. — Les Compagnies de Chemins de fer français voulurent bien, comme pour les Congrès précédents, accorder une réduction de 50 % sur le prix des places, avec durée de validité de 20 jours (10 au 30 juin).

Il en fut de même des Compagnies maritimes chargées des relations postales avec l'Algérie et la Tunisie.

Circulaires. — Les envois des circulaires suivantes furent successivement décidés :

1° Envoi d'une première circulaire annonçant la réunion d'un Congrès des Mines et de la Métallurgie, la date à laquelle il s'ouvrirait, sa durée et les conditions générales dans lesquelles il aurait lieu.

Cette circulaire avait pour but de provoquer les adhésions. Elle était accompagnée d'une carte à retourner au secrétaire général pour lui faire connaître les adhésions probables. Cette carte n'était pas une adhésion ferme au Congrès, mais une indication qui permit de se rendre compte du nombre approximatif des mem-

bres, renseignement nécessaire pour le choix des locaux, etc.

Voici cette circulaire :

Paris, le 15 juillet 1899.

Monsieur,

Le succès croissant des Congrès internationaux des mines et de la métallurgie, tenus en 1878 et en 1889, justifie la convocation à Paris, en 1900, d'un nouveau Congrès destiné à grouper les ingénieurs et les industriels qui, dans toutes les parties du monde, travaillent au progrès des mines et de la métallurgie.

Le Congrès de 1900 se tiendra, comme celui de 1889, sous le patronage du Gouvernement français. La Commission d'organisation a été instituée, en date du 18 mars, par décision de M. le Commissaire général de l'Exposition de 1900 et a élu son bureau. Vous en trouverez ci-joint la composition.

Le Congrès des mines et de la métallurgie s'ouvrira le lundi 18 juin. Il durera une semaine.

Seront membres du Congrès et en recevront seuls les publications :

1° Les *délégués* des administrations françaises et des gouvernements étrangers ;

2° Les *donateurs* qui auront versé une contribution d'au moins 50 francs ;

3° Les *adhérents* qui auront acquitté la cotisation dont le montant est fixé à 20 francs.

Des rapports confiés à des ingénieurs de diverses nations seront distribués à l'avance et prépareront les discussions des séances publiques de l'après-midi, consacrées alternativement à la métallurgie et à l'art des mines.

Chaque matin, les membres du Congrès, divisés en groupes, pourront, sous la conduite d'ingénieurs et d'industriels spécialement désignés à cet effet, étudier en détail les expositions minières et métallurgiques les plus remarquables des divers pays.

Près de 200 membres s'étaient groupés en 1878 ; leur nombre avait dépassé 600 en 1889. Vous viendrez certainement plus nombreux encore en 1900 pour étudier en commun les améliorations réalisées et pour rechercher, par une étude nouvelle, à préparer de nouveaux progrès.

Le Comité d'organisation aurait besoin de pouvoir, dès à présent, connaître approximativement le nombre probable des membres du prochain Congrès.

Nous venons, en conséquence, vous prier de bien vouloir, par le retour de la carte ci-jointe, nous faire savoir si nous pouvons espérer votre adhésion.

Une circulaire ultérieure vous fera connaître tous les détails d'organisation qui pourront vous intéresser, tels que : questions portées définitivement à l'ordre du jour, facilités qui pourraient être accordées par les chemins de fer, etc.

Veuillez recevoir, Monsieur, l'assurance de nos sentiments les plus distingués.

Le Président de la Commission d'organisation,

HATON DE LA GOUPILLIÈRE,

Directeur de l'Ecole nationale supérieure des Mines,

Membre de l'Institut.

A cette circulaire furent joints la liste des membres du Comité d'organisation et le programme provisoire suivant des sujets proposés pour les discussions du Congrès.

**Programme provisoire des questions à porter
à l'ordre du jour.**

1. MINES

- I. Emploi des explosifs dans les mines.
- II. Emploi de l'électricité dans les mines.
- III. Conditions d'exploitation aux grandes profondeurs.
- IV. Des moyens de réduire la main-d'œuvre dans l'industrie des mines.

2. MÉTALLURGIE

- I. Progrès de la métallurgie du fer et de l'acier depuis 1889.
- II. Applications de l'électricité à la métallurgie.
 - a. Applications chimiques.
 - b. Applications mécaniques.
- III. Progrès de la métallurgie de l'or.
- IV. Perfectionnements récents de la préparation mécanique des minerais.

Voici le fac-simile de la carte qui accompagnait cette circulaire :

CARTE POSTALE*Côté réservé à l'adresse.*

Timbre
d'affran-
chissement.

Monsieur GRUNER,
Secrétaire général du Congrès international
des mines et de la métallurgie,
Rue de Châteaudun, n° 55,
PARIS

CONGRÈS INTERNATIONAL
DES MINES & DE LA MÉTALLURGIE, A PARIS, EN 1900

Nom et prénoms :

Adresse :

Il est probable que j'adhérerai au Congrès de Paris.
Il n'est pas probable que j'adhère au Congrès de Paris.

Conserver l'une des deux formules ci-dessus et rayer l'autre.

« The Institute Mining Engineers » de Newport-on-Tyne ayant demandé l'autorisation de traduire en anglais cette circulaire et de l'adresser à ses 2.500 membres, l'autorisation lui fut accordée.

Voici le texte de la circulaire anglaise :

Paris, July 15th 1899.

Dear Sir,

The increasing success which has attended the International Congresses of Mining and Metallurgy held in 1878 and 1889 justifies the convening of a new Congress to be held in Paris in 1900, with the object of collecting together engineers and others, who in various parts of the world are engaged in forwarding the progress of mining and metallurgy.

The Congress of 1900 will, like that of 1889, be under the direct patronage of the French Government. An Organisation Committee was instituted on March 18th last by the decision of the General Commissioner of the Exhibition of 1900, and officers have been appointed as per list annexed hereto.

The Congress of Mining and Metallurgy will be opened on Monday, June 18th, and will last for a week.

The members of the Congress, who alone will receive all the publications, comprise the following : —

1. Delegates of French State departments and of Foreign Governments.
2. Donors, who have contributed at least, 50 francs (£ 2).
3. Members, who paid the subscription of 20 francs (16 sh.).

Reports entrusted to engineers of various countries will be distributed in advance so as to form a basis for

discussion at meeting to be held each afternoon and devoted alternately to Metallurgy and to Mining.

Each morning, the members of the Congress, divided up into groups, will have the opportunity of studying in detail, under the guidance of engineers and manufacturers, specially appointed, the most notable Mining and Metallurgical exhibits of the different countries in the Exhibition.

In 1878, there were nearly 200 members, and this number rose to above 600 in 1889. It is certain that still larger numbers will attend in 1900 to consider together the improvements realised during that period, and to pave the way to new advances by further studies.

The Organisation Committee wishes to know as soon as possible the probable number of members of next year's Congress, and we request, therefore, that you will be good enough to inform us if we may expect your presence by signifying the same on the enclosed postcard.

A subsequent circular will inform you of all the details of the organisation which will be of interest to you, such as the subjects selected for discussions, travelling facilities, which will be accorded by the railway companies, etc.

I am, dear Sir,

Your obedient Servant,

HATON DE LA GOUPILLIÈRE,

President of the Organisation Committee.

Provisional programme of the subjects for discussion.

1. — MINING.

1. — Use of Explosives in Mines.
2. — Use of Electricity in Mines.

3. — Mining at Great depths.
4. — Labour-saving Methods as applied to Mining.

2. — METALLURGY.

1. — Progress in the Metallurgy of Iron and Steel since 1889.
2. — Application of Electricity to Metallurgy :
(a) Chemical, and
(b) Mechanical.
3. — Progress in the Metallurgy of Gold.
4. — Recent Improvements in the Dressing of Minerals.

2° En réponse à ces circulaires qui furent répandues en grande quantité et envoyées à un grand nombre d'ingénieurs de toutes les parties du monde, le secrétariat reçut de très nombreuses promesses d'adhésions.

Au mois de décembre 1899, le Comité d'organisation, par la circulaire ci-après, adressa un nouvel appel accompagné cette fois d'un bulletin d'adhésion définitive.

Paris, le 15 décembre 1899.

Monsieur,

Le succès croissant des Congrès internationaux des mines et de la métallurgie, tenus en 1878 et en 1889, justifie la convocation à Paris, en 1900, d'un nouveau Congrès destiné à grouper les ingénieurs et les industriels qui, dans toutes les parties du monde, travaillent au progrès des mines et de la métallurgie.

Le Congrès de 1900 se tiendra, comme celui de 1889, sous le patronage du gouvernement français. La Commission d'organisation a été instituée, en date du 18 mars, par décision de M. le Commissaire général de l'Exposition de 1900 et a élu son bureau. Vous en trouverez ci-joint la composition.

Le Congrès des mines et de la métallurgie s'ouvrira le lundi 18 juin. Il durera une semaine.

Seront membres du Congrès et en recevront seuls les publications :

1° Les *délégués* des administrations françaises et des gouvernements étrangers ;

2° Les *donateurs* qui auront versé une contribution d'au moins 50 francs ;

3° Les *adhérents* qui auront acquitté la cotisation, dont le montant est fixé à 20 francs.

Des rapports confiés à des ingénieurs de diverses nations sont distribués à l'avance et prépareront les discussions des séances publiques de l'après-midi, consacrées alternativement à la métallurgie et à l'art des mines.

Chaque matin, les membres du Congrès, divisés en groupes, pourront, sous la conduite d'ingénieurs et d'industriels spécialement désignés à cet effet, étudier en détail les expositions minières et métallurgiques les plus remarquables des divers pays.

Près de 200 membres s'étaient groupés en 1878 ; leur nombre avait dépassé 600 en 1889.

Une première circulaire, qui n'a reçu qu'une publicité limitée au cours de l'été dernier, a de suite provoqué plus de 700 adhésions provisoires. La Commission a pu ainsi se rendre compte de l'intérêt avec lequel a été accueilli le projet d'une réunion pour l'étude en commun des progrès récents de la métallurgie et de l'art des mines.

Nous venons faire appel à votre concours et vous demander de nous faire parvenir à votre tour *votre adhésion*, en signant et retournant le bulletin ci-joint avec votre cotisation.

Nous tenons à votre disposition des circulaires et bulletins d'adhésion si vous voulez bien nous prêter votre concours pour faire connaître le Congrès, et nous nous empresserons d'en faire parvenir à toute personne que vous voudrez bien nous signaler comme pouvant y prendre part ou comme désirant posséder les rapports et comptes rendus qui seront publiés.

Une circulaire ultérieure vous donnera les noms des rapporteurs de divers pays qui ont bien voulu accepter de traiter l'une ou l'autre des questions figurant au programme ci-contre.

Dès aujourd'hui, nous pouvons vous annoncer que les sept grandes Compagnies des chemins de fer français ont consenti en faveur des adhérents au Congrès des mines et de la métallurgie *une réduction de 50 %* pour le parcours aller et retour, sur le prix des places de la gare de votre résidence en France, ou de la gare frontière si vous résidez à l'étranger.

Veuillez recevoir, Monsieur, l'assurance de nos sentiments les plus distingués.

Le Président de la Commission d'organisation,

HATON DE LA GOUPILLIÈRE,

Directeur de l'Ecole nationale supérieure des Mines,

Membre de l'Institut.

Les *Bulletins d'adhésion* ci-inclus, et les *cotisations* sont reçus par M. de Castelnau, ingénieur en chef des mines, trésorier de la Commission d'organisation, 13, rue Saint-Lazare, à Paris.

Toutes les autres communications sont reçues par M. Gruner, ingénieur civil des mines, secrétaire général de la Commission, 55, rue de Châteaudun, Paris.

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900

CONGRÈS DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

(Paris, 18 au 23 juin 1900)

BULLETIN D'ADHÉSION

Monsieur,

*Je désire adhérer au Congrès International des
Mines et de la Métallurgie et vous adresse ci-jointe
ma contribution de membre (1)
en y joignant un (2).....*

Nom (3) :

Prénoms :

Adresse :

Signature :

Les **Bulletins d'adhésion** et cotisations doivent être adressés à
M. DE CASTELNAU, ingénieur en chef des Mines, trésorier du Comité
d'organisation, 13, rue Saint-Lazare. Paris.

(1) Membre donateur 50 francs ou plus.
Membre adhérent 20 francs.

(2) Mandat ou bon de poste, ou chèque de...

(3) Prière d'écrire très lisiblement,

3° Quelque temps après (février 1900), le Comité invita, par une circulaire spéciale (voir ci-dessous), les personnes qui avaient annoncé leur intention d'adhérer au Congrès, à bien vouloir faire parvenir une adhésion définitive.

15 février 1900.

Monsieur et cher Confrère,

Répondant à notre lettre circulaire du 15 juillet dernier, vous avez bien voulu nous faire savoir votre intention d'adhérer au Congrès international des mines et de la métallurgie de 1900.

Les très nombreuses réponses affirmatives envoyées à la suite de cette première circulaire qui n'a reçu cependant qu'une publicité limitée, ont montré à la Commission d'organisation avec quel intérêt a été accueilli le projet d'une réunion pour l'étude, entre ingénieurs de tous pays, des progrès récents de la métallurgie et de l'art des mines.

Le concours, dès aujourd'hui assuré, de rapporteurs d'une haute compétence sur les divers sujets qui figurent au programme provisoire qui vous a été communiqué, fait prévoir que d'intéressantes discussions seront ainsi préparées par les mémoires distribués avant l'ouverture de la session.

Nous pouvons, d'autre part, vous annoncer que les sept grandes Compagnies de chemins de fer français ont consenti en faveur des adhérents au Congrès des mines et de la métallurgie une *réduction de 50 %*, pour le parcours aller et retour sur le prix des places de la gare de votre résidence en France, ou de la gare frontière si vous résidez à l'étranger.

Nous comptons que vous voudrez bien nous *confirmer* par un prochain courrier votre adhésion en retournant

le bulletin ci-joint, accompagné de votre contribution (1), à M. de Castelnau, secrétaire-trésorier de la Commission d'organisation.

Nous tenons à votre disposition des circulaires et bulletins d'adhésion si vous voulez bien nous prêter votre concours pour faire connaître le Congrès, et nous nous empresserons d'en faire parvenir à toute personne que vous voudrez bien nous signaler comme pouvant y prendre part ou comme désirant posséder les rapports et comptes rendus qui seront publiés.

Veuillez agréer, Monsieur et cher Confrère, l'assurance de mes sentiments les plus distingués.

Le Président de la Commission d'organisation,

HATON DE LA GOUPILLIÈRE,

Directeur de l'École nationale supérieure des Mines,
Membre de l'Institut.

A cette circulaire était joint un bulletin d'adhésion (voir page 26).

4° La date du Congrès approchant, et afin de pouvoir arrêter les dernières dispositions, le Comité adressa aux membres adhérents, le 1^{er} mai 1900, avec enveloppe spéciale pour la réponse, la circulaire suivante accompagnée de divers bulletins à remplir par les membres.

Circulaire N° 4.

1^{er} mai 1900

Monsieur et cher Confrère,

Le moment de l'ouverture du Congrès approche. La plupart des mémoires, dont vous trouverez ci-joint la

(1) Soit comme *donateur*, par un versement de 50 francs ou plus ;

Soit comme *adhérent*, par un versement de 20 francs.

liste, sont à l'impression et pourront être distribués avant peu de semaines.

Pour vous permettre de bénéficier des avantages que nous avons pu obtenir en faveur des membres du Congrès, nous vous demanderons de bien vouloir prendre connaissance des indications suivantes :

La carte de membre du Congrès, qui sera tenue à votre disposition à partir du 15 juin au siège du Congrès (Hôtel de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 44, rue de Rennes, place Saint-Germain-des-Prés), vous donnera, pendant la durée du Congrès, la libre entrée, à toute heure, dans toutes les parties de l'Exposition.

Pour nous permettre de demander et de vous adresser, en temps voulu, les *coupons de réduction de 50 0/0* sur les chemins de fer français, nous vous prions de nous faire parvenir en même temps que votre cotisation, et après l'avoir rempli, le formulaire B ci-joint de demande de billets de chemins de fer.

Le Comité d'organisation a pensé qu'il conviendrait — comme lors des Congrès précédents — de réunir en un banquet, dans les salons de l'Hôtel Continental, le jeudi 21 juin, les ingénieurs français et étrangers. Nous espérons que vous pourrez prendre part à cette fête, et pour que nous puissions vous remettre votre carte d'invitation dès le jour de votre arrivée, nous vous demanderons de nous envoyer dès maintenant votre adhésion, en nous retournant la feuille C ci-jointe. (La cotisation spéciale pour le banquet est de 20 francs, payable au moment du retrait de la carte.)

Pour permettre au Comité d'organisation de préparer à l'avance le programme des séances et des visites à l'Exposition, nous vous demanderons de bien vouloir indiquer sur la feuille D ci-jointe :

1° Les questions sur lesquelles vous désireriez pouvoir attirer, en séance, l'attention du Congrès;

2° La ou les parties de l'Exposition française ou étrangère que vous désireriez faire visiter et présenter à vos collègues.

Le Comité cherchera, dans la mesure du temps disponible, à donner la plus large satisfaction possible aux demandes ainsi formulées.

L'étendue des matières qu'embrasse le Congrès, et la dispersion des procédés et produits miniers et métallurgiques dans toutes les parties de l'Exposition, ne permettra sans doute de répondre qu'à celles des demandes qui auront été formulées assez longtemps à l'avance.

Nous nous permettons donc d'insister très vivement pour que, *dès le reçu de cette lettre*, vous vouliez nous faire parvenir votre réponse à chacune de ces questions, en employant l'enveloppe ci-jointe.

Nous nous empresserons d'envoyer des circulaires et bulletins d'adhésion au Congrès à toute personne que vous voudrez bien nous signaler — en portant leurs nom et adresse sur la feuille E ci-jointe — comme pouvant y prendre part ou comme désirant posséder les rapports et comptes rendus qui seront publiés.

Veuillez agréer, Monsieur et cher Confrère, l'assurance de mes sentiments les plus distingués,

Le Président de la Commission d'organisation,

HATON DE LA GOUPILLIÈRE,

Directeur de l'Ecole nationale supérieure des Mines,
Membre de l'Institut.

La feuille A était constituée par un bulletin d'adhésion qui fut envoyé en même temps que cette circulaire, à diverses personnes n'ayant pas encore adhéré définitivement. Par une phrase ajoutée à cette circulaire, on les pria de bien vouloir envoyer leur cotisation.

FEUILLE B.

N°

CONGRÈS INTERNATIONAL
DES
MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

TENU A PARIS DU 25 AU 30 JUIN 1900

Paris, le 1^{er} mai 1900.

Monsieur,

Les grandes Compagnies de chemins de fer français ont bien voulu accorder *une réduction de 50 0/0 sur le prix des places* aux membres du Congrès qui se rendront à Paris.

Les bons de réduction délivrés par les Compagnies seront valables du 10 au 30 juin.

J'ai l'honneur de vous prier, si vous désirez profiter de cet avantage, de renvoyer avant le 1^{er} juin, à M. Gruner, secrétaire général du Comité d'organisation du Congrès, la feuille ci-contre après y avoir consigné très exactement les indications demandées.

Agréez, Monsieur, l'assurance de ma considération très distinguée.

Le Président du Comité d'organisation,

HATON DE LA GOUPILLIÈRE.

N°

FEUILLE A DÉTACHER**ET A ENVOYER****AVANT LE 1^{er} JUIN****A M. GRUNER****SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DU COMITÉ D'ORGANISATION DU CONGRÈS****55, RUE DE CHATEAUDUN, PARIS**

Nom :

Prénoms :

Gare de départ (1) :

sur la Compagnie d'.....

Itinéraire (2) :

Classe de billet demandé :

Adresse à laquelle devra être envoyé le bon de réduction :
.....*Signature :*

NOTA. — L'itinéraire suivi doit être le plus direct et le même à l'aller et au retour.

(1) Ou d'entrée en France, pour MM. les membres qui viendront de l'étranger.

(2) Gares d'entrée en France et de passage d'un réseau à l'autre.

FEUILLE C.

CONGRÈS INTERNATIONAL
DES
MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

PARIS — 18 au 23 juin 1900.

BANQUET

du jeudi 21 juin, à 7 heures et demie du soir,

à l'Hôtel Continental.

BULLETIN D'ADHÉSION

Nom :

Titre :

Adresse :

SIGNATURE :

FEUILLE D.

CONGRÈS INTERNATIONAL
DES
MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

PARIS — 18 au 23 juin 1900

SÉANCES ET VISITES

M.

*1° Désirerait pouvoir prendre la parole en séance
du Congrès sur les questions suivantes :*

*2° Désirerait faire visiter et présenter à ses collègues
les expositions suivantes :*

FEUILLE E.

CONGRÈS INTERNATIONAL

DES

MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

PARIS — 18 au 23 juin 1900.

Noms et adresses de personnes auxquelles il conviendrait d'adresser des bulletins d'adhésion et des circulaires relatives au Congrès.

Nom :

Adresse :

Nom :

Adresse :

Nom :

Adresse :

Nom :

Adresse :

Nom :

Adresse :

8° Enfin à la veille du Congrès, le 1^{er} juin, le Comité envoya aux adhérents la circulaire suivante donnant les dernières indications nécessaires et l'ordre du jour des séances et des visites.

Paris, le 1^{er} juin 1900.

Le *Congrès des mines et de la métallurgie* comprendra :

Une séance solennelle d'ouverture.

Des séances de sections.

Et des visites collectives à l'Exposition.

La *Séance solennelle* aura lieu le lundi 18 juin à 10 heures du matin dans la Grande Salle du Palais des Congrès à l'Exposition.

Les *Séances de la Section des mines* auront lieu chaque jour, à partir du mardi 19 et jusqu'au samedi 23 inclus, à 2 heures de l'après-midi, dans la grande salle de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale (44, rue de Rennes, place Saint-Germain-des-Prés).

Les *Séances de la Section de métallurgie* auront lieu aux mêmes jours et heures dans la Grande Salle de la Société de Géographie (boulevard Saint-Germain, 184).

Les *matinées* de chacune des journées du mardi au samedi inclus seront consacrées à des *visites collectives* dans diverses parties de l'Exposition sous la direction d'ingénieurs désignés à cet effet.

Pour éviter l'encombrement et rendre les visites plus profitables, il sera organisé *cinq groupes d'ingénieurs mineurs* et *cinq groupes d'ingénieurs métallurgistes*. Ces divers groupes auront chaque jour un centre de rassemblement spécial, et les itinéraires seront préparés de telle façon qu'en cinq jours, les mineurs et les

métallurgistes auront chacun pu visiter les parties les plus intéressantes de l'Exposition en ce qui concerne leur spécialité.

Les tableaux ci-contre donnent l'ordre du jour de chaque séance, et pour chaque groupe et chaque jour le lieu de rendez-vous et le programme de la visite à l'Exposition.

MM. les Exposants auront été par lettre spéciale avisés du passage des groupes de congressistes et nous avons lieu d'espérer que beaucoup voudront bien se tenir à disposition pour donner tous les renseignements désirables.

Bureau des Secrétaires.

MM. les Membres du Congrès des Mines et de la Métallurgie trouveront, le samedi 17, et le dimanche matin 18 juin, au Secrétariat du Congrès, à la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, 44, rue de Rennes, tous les renseignements relatifs à l'organisation du Congrès.

Ils peuvent ces jours-là — ou les jours suivants — retirer leur *carte personnelle* donnant droit à l'entrée gratuite à l'Exposition pour toute la durée du Congrès, ainsi que l'*insigne distinctif* (1) préparé pour les membres du Congrès et la *Collection des Rapports* non encore distribués.

Ils pourront à ce moment-là s'ils ne l'ont déjà fait, se faire inscrire pour le *banquet* qui aura lieu le jeudi 21 juin à 7 h. 1/2 du soir à l'Hôtel Continental (rue de Castiglione) et payer le montant de la cotisation spéciale du banquet (20 francs).

(1) Cet insigne était constitué par un nœud en ruban vert (rouge pour les membres du Comité) surmonté de l'emblème des mineurs (pic et marteau croisés).

Pour permettre au Secrétariat de fournir et envoyer tous renseignements utiles, comme aussi les correspondances qui pourraient lui parvenir au nom de tel ou tel membre, MM. les Congressistes sont invités à bien vouloir se faire inscrire et, dès leur arrivée, donner leur *adresse à Paris*.

Suivait l'ordre du jour des séances et de visites (Voir plus loin pages 46 à 49).

Rapports. — Furent successivement adoptées comme devant être mises à l'ordre du jour les questions suivantes :

A. MINES.

- 1° Emploi des explosifs dans les mines ;
- 2° Emploi de l'électricité dans les mines ;
- 3° Conditions d'exploitation à de grandes profondeurs ;
- 4° Des moyens de réduire la main-d'œuvre dans l'industrie des mines.

B. MÉTALLURGIE.

- 1° Progrès de la métallurgie du fer et de l'acier depuis 1889 ;
- 2° Application de l'électricité à la métallurgie ;
 - a. Applications chimiques.
 - b. Applications mécaniques.
- 3° Progrès de la métallurgie de l'or ;
- 4° Perfectionnements récents de la préparation mécanique des minerais.

La lettre suivante fut adressée à diverses personnalités des pays étrangers en vue de leur faire connaître le programme des questions inscrites à l'ordre du jour du Congrès et de leur demander soit de se charger eux-mêmes d'un rapport, soit d'indiquer les ingénieurs de

leur pays qui pourraient, avec le plus de compétence, traiter l'une des questions indiquées ou toute autre présentant un véritable intérêt.

Paris, le 15 juillet 1899.

Monsieur,

Le succès croissant des Congrès internationaux des Mines et de la Métallurgie, tenus en 1878 et en 1889, justifie la convocation à Paris, en 1900, d'un nouveau Congrès destiné à grouper les ingénieurs et les industriels qui, dans toutes les parties du monde, travaillent au progrès des Mines et de la Métallurgie.

Le Congrès de 1900 se tiendra, comme celui de 1889, sous le patronage du Gouvernement français. La Commission d'organisation a été instituée, en date du 18 mars, par décision de M. le Commissaire général de l'Exposition de 1900 et a élu son Bureau. Vous en trouverez ci-joint la composition.

Le Congrès des Mines et de la Métallurgie s'ouvrira le lundi 18 juin. Il durera une semaine.

Il a paru très désirable à la Commission d'organisation que l'attention du Congrès fût attirée sur quelques questions particulièrement intéressantes, par des rapports dont la rédaction serait confiée à des ingénieurs choisis parmi les spécialistes les plus éminents de chaque nation.

La Commission, à la suite d'un premier examen, a retenu les questions suivantes :

MINES

Emploi des explosifs dans les mines ;

Emploi de l'électricité dans les mines ;

Conditions d'exploitation à grande profondeur ;

Des moyens de réduire la main-d'œuvre dans l'industrie des Mines.

MÉTALLURGIE

Progrès de la métallurgie, du fer et de l'acier depuis 1889.

Applications de l'électricité à la métallurgie :

a) Applications chimiques ;

b) Applications mécaniques ;

Progrès de la métallurgie de l'or :

Perfectionnements récents de la préparation mécanique des minerais.

Chacune de ces questions admettra en principe plusieurs rapporteurs qui la traiteront soit dans sa généralité, soit à un point de vue plus ou moins spécial, d'après leur expérience personnelle.

Cette liste n'est, en aucune façon, limitative, et nous ne vous la communiquons qu'à titre d'indication. Le choix des rapporteurs est plus délicat encore, puisqu'il s'agit de rechercher, parmi les ingénieurs des divers pays, ceux qui paraissent les mieux désignés par leurs études et leur expérience professionnelle.

Nous venons, Monsieur, faire appel à votre précieux concours et vous demander de bien vouloir vous charger de l'un de ces rapports et en même temps nous signaler celles des personnalités qui, dans votre pays, pourraient, avec le plus de compétence, traiter telle ou telle des questions ci-dessus indiquées, ou tel autre sujet d'un véritable intérêt que vous voudriez bien nous indiquer comme pouvant être ajouté à cette liste.

Les rapports pourront être rédigés, non seulement en français, mais aussi en langues étrangères. Dans ce dernier cas, nous nous efforcerons d'y joindre une traduction ou tout au moins une analyse en français, dans la distribution à tous les membres du Congrès, dès l'ouverture de la session si nous ne pouvons le faire plus tôt.

Nous vous serons particulièrement obligés si vous voulez bien nous donner, aussitôt que possible, les précieuses indications que vous suggérera votre haute expérience.

Veillez agréer, Monsieur, l'assurance de ma haute considération.

Le Président du Comité d'organisation,

HATON DE LA GOUPILLIÈRE,

Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines,
Membre de l'Institut.

Prière d'adresser les réponses à M. Gruner, secrétaire général de la Commission d'organisation du Congrès des Mines et de la Métallurgie, 55, rue de Châteaudun.

De nombreux pourparlers eurent lieu avec diverses personnes ; ils conduisirent à écarter un certain nombre de questions proposées, soit comme n'offrant pas un intérêt assez général, ou un intérêt immédiat pour les mines et la métallurgie, soit même comme rentrant dans le programme d'autres Congrès (Congrès de géologie, de mécanique, de chimie appliquée, etc.).

Le Comité arriva ainsi à décider de confier à des personnes particulièrement compétentes les rapports ci-après indiqués.

Parmi ces rapports, purent être envoyés à tous les membres avant la réunion du Congrès, ceux de MM. :

DELAFOND : Emploi des explosifs de sûreté dans les mines de combustibles françaises.

LE CHATELIER : Rapport sur l'établissement des dynamitières.

LIBERT : Emploi de l'électricité dans les mines.

POUSSIGUE : Conditions d'exploitation à grande profondeur.

BACHELLERY : Les haveuses mécaniques dans les houillères aux Etats-Unis.

TISSOT : L'état actuel de la fabrication des moulages d'acier.

Commandant HARTMANN : Phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux.

ROCOUR : Etat actuel de la fabrication du métal Thomas et ses conséquences sur le puddlage.

D'autres ne purent être envoyés avant l'ouverture de la session qu'aux membres du congrès habitant Paris et les environs ; mais furent remis à l'entrée des séances aux membres venus à Paris pour assister au Congrès.

Ce sont les rapports de MM. :

WATTEYNE et DENOEL : Les explosifs dans les mines de houille de Belgique.

HRABAK : Conditions d'exploitation à grande profondeur.

STASSART : Les conditions d'exploitation à grande profondeur en Belgique.

HÉROULT : L'aluminium à bon marché.

D'autres enfin furent distribués à tous les membres présents pendant le Congrès.

Ce sont ceux de MM. :

WENDELIN : L'électricité dans l'industrie minière.

PETIT : Etude sur l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou.

KOTSOWSKY : La composition de l'air des mines dans le bassin du Donetz.

SZYMANOWSKY : Krivoï-Rog et l'état actuel de l'industrie métallurgique dans le midi de la Russie.

BABU : La fabrication et le travail des aciers spéciaux.

HUBERT : Utilisation directe des gaz des hauts-fourneaux pour la production de la force motrice.

WEDDING : La séparation magnétique des minerais de fer.

SMITS : Exposé du procédé Wetherill.

PELLATI : La préparation mécanique des minerais métalliques en Sardaigne.

PELLATI : Dispositions capables d'étendre et de faciliter l'usage du fil hélicoïdal pour la taille du marbre en roche.

Tous ces rapports ont été ensuite adressés aux personnes qui en ont fait la demande, répondant à la circulaire suivante qui fut adressée postérieurement au congrès, à tous les membres.

Circulaire N° 5.

5 juillet 1900.

Monsieur et cher Confrère,

Quelque temps avant la réunion du Congrès, nous avons eu l'avantage de vous envoyer les mémoires de MM. Delafond, Le Chatelier, Libert, Poussigue, Bachellery, Tissot, Hartmann, Rocour.

Au cours de la semaine du Congrès, tous les membres venus aux séances ont pu retirer au Secrétariat les mémoires de MM. Watteyne et Denoël, Wendelin, Hrabak, Stassart, Petit, Kotsowsky, Szymanowsky, Babu, Hubert, Héroult, Wedding, Smits, Pellati (Préparation mécanique) et Pellati (Emploi du fil hélicoïdal).

Veillez nous indiquer par un très prochain courrier, ceux de ces mémoires que vous n'avez pas reçus et

que vous désirez recevoir en tirage à part, et nous nous empresserons de vous les adresser, dans la mesure tout au moins du nombre des exemplaires qui restent disponibles.

Toutes les demandes au sujet du Congrès devront être adressées à M. Gruner, secrétaire général du Congrès, 55, rue de Châteaudun, à Paris.

Veuillez agréer, Monsieur et cher Collègue, l'assurance de mes meilleurs sentiments.

E. GRUNER.

Nous avons encore à votre disposition un certain nombre d'exemplaires des publications suivantes qui ont été déposées par leurs auteurs ou éditeurs, pour être distribuées aux membres du Congrès. Nous les adresserons à ceux qui en feront la demande, dans l'ordre des demandes.

Liste des publications déposées pour distribution.

1. — Note relative au tableau exposé par la Société Nouvelle des Charbonnages des Bouches-du-Rhône et représentant la galerie souterraine qu'elle exécute pour relier sa concession de lignite de Gardanne à la mer, près Marseille.
2. — M. Domage. — Note sur les procédés de perforation employés pour le creusement de la galerie de Gardanne à la mer.
3. — Méthode de séparation magnétique de la Société Anonyme des Mines de Mechernich.
4. — Entreprise générale de fonçage de puits, études et travaux de mines. — Notice.
5. — Notice sur le matériel exposé par M. P. Malissard-Taza, dans le pavillon de l'Exposition minière souterraine de 1900.

D'autres enfin ne furent déposés qu'au moment du Congrès.

Ce sont ceux de MM. :

PELLATI : Rapport sur le traitement des minerais de soufre en Sicile.

BOUSQUET : La cyanuration au Transvaal.

Tous les rapports présentés au Congrès des mines et de la métallurgie ont été réunis en quatre volumes, qui forment les troisième et quatrième livraisons du *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale* (troisième série, tome XIV), et qui ont été envoyés à tous les membres du Congrès, ainsi que les atlas correspondants.

III. — PROGRAMMES ET ORDRES DU JOUR

A. — Ordre du jour des séances.

Séance d'ouverture.

La séance d'ouverture a eu lieu le lundi 18 juin à 10 heures du matin, dans la grande salle du Palais des Congrès à l'Exposition.

ORDRE DU JOUR

Discours d'ouverture de M. Haton de la Goupillière, président de la Commission d'organisation.

Nomination des membres du Bureau.

Communication de M. Gruner, secrétaire général, sur l'organisation des séances et visites.

Séances de Sections.

1^{re} Section des Mines.

Les séances de la Section des Mines se sont tenues dans la grande salle de la Société d'encouragement, 44, rue de Rennes.

En voici l'ordre du jour :

Jours et heures.	Questions.	Introduites par les rapports de MM.
Mardi 19 juin, 2 heures.	Explosifs et aérage (grisou, lampes, etc.).	Delafond. Le Chatelier. Watteyne et Denoël Petit. Kotsowsky.
Mercredi 20 juin, 2 heures.	Conditions d'exploitation à grande profondeur.	Hubert. Poussigue. Stassart.
Jeudi 21 juin, 2 heures.	Emploi de l'électricité dans les mines et appareils propres à réduire la main-d'œuvre dans les mines.	Libert. Wendelin. Bachelery. Domage.
Vendredi 22 juin, 2 heures.	Emploi de l'électricité et progrès divers dans la préparation mécanique	Wedding. Smits. Pellati.
Samedi 23 juin, 2 heures.	Développement de l'industrie minière dans divers pays. Procédés nouveaux. Questions diverses.	Pellati. Szymanowsky.

2^{re} Section de Métallurgie.

Les séances de la Section de métallurgie se sont tenues dans la grande salle de la Société de géographie, 184, boulevard Saint-Germain.

En voici l'ordre du jour :

Jours et heures.	Questions.	Introduites par les rapports de MM.
Mardi 19 juin, 2 heures.	Utilisation directe du gaz des hauts-fourneaux et des fours à coke.	Hubert.

Mercredi 20 juin, 2 heures.	{ Suite de la discussion sur l'utilisation des gaz. Progrès dans la fabri- cation de l'acier et des moulages d'acier. Aciers spéciaux et alliages.	{ Rocour. Tissot. Babu.
Jeudi 21 juin, 2 heures.	{ Suite de la discussion sur les aciers.	
Vendredi 22 juin, 2 heures.	{ L'aluminium et les pro- duits nouveaux obte- nus par le moyen de l'électricité.	{ Hérault.
Samedi 23 juin, 2 heures.	{ Etudes sur la déforma- tion des métaux. Métallurgie de l'or. Questions diverses.	{ C ^t Hartmann. Bousquet.

Séance de clôture.

La séance de clôture a eu lieu le samedi 23 juin 1900, à 4 heures 1/2, dans la grande salle de la Société d'encouragement.

B. — Ordre du jour des visites.

1^o Section des Mines.

Programme du mardi 19 juin.

Lieu du rendez-vous.		Principales expositions à visiter.
<i>Palais des Mines.</i> 1 ^{er} étage. — Salon. — Classe 63. (Section française.).....	Groupe A.	Ministère des Travaux publics. Loire. — Centre. — Nord et Pas-de-Calais (1 ^{er} étage). — Allemagne. Italie.
<i>Palais des Mines.</i> Rez-de-chaussée. — En- trée de la classe 63 (Section française)....	Groupe B.	Nord et Pas-de-Calais (rez-de-chaussée). Mines métalliques. Machines de mines. — Câbles. Appareils de sondage.
<i>Palais des Mines.</i> Rez - de - chaussée. — Russie. — Classe 63...	Groupe C.	Russie. — Suède et Norvège. — Etats-Unis. Autriche - Hongrie. — Angleterre. Belgique. — Japon. Pays divers.

<i>Trocadéro.</i> — Bâtiment de l'exposition minière souterraine.....	Groupe D.	{ Exposition minière souterraine. Transvaal. — Japon. Colonies anglaises. — Canada.
<i>Trocadéro.</i> — Pavillon de Sibérie.....		
	Groupe E.	{ Sibérie. Algérie. — Tunisie. — Colonies françaises. Pérou. — Mexique. — Pays divers.

Les jours suivants le programme des visites de chacun des groupes de la *Section des mines* est indiqué dans le tableau ci-dessous, dans lequel la répartition est faite par simple permutation rotative.

	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
<i>Palais des mines.</i>	—	—	—	—	—
1 ^{er} étage. — Salon (classe 63)	Groupe A	Groupe E	Groupe D	Groupe C	Groupe B
Rez-de-chaussée (entrée de la classe 63). (France).....	Groupe B	Groupe A	Groupe E	Groupe D	Groupe C
Rez-de-chaussée (Russie) (classe 63)	Groupe C	Groupe B	Groupe A	Groupe E	Groupe D
<i>Trocadéro.</i> — Bâtiment de l'exposition minière souterraine.....	Groupe D	Groupe C	Groupe B	Groupe A	Groupe E
<i>Trocadéro.</i> — Pavillon de Sibérie.....	Groupe E	Groupe D	Groupe C	Groupe B	Groupe A

2^e Section de Métallurgie.

Programme du mardi 19 juin.

Lieu du rendez-vous.	Principales expositions à visiter.
Rez-de-chaussée. — Entrée de la classe 64 (Section française)....	Groupe F. { Métallurgie du fer et de l'acier en France.
Rez - de - chaussée. — Grand-Duché du Luxembourg. — Classe 61.	Groupe G. { Italie-Luxembourg. Allemagne. — Autriche-Hongrie. Suède et Norvège. — Russie. Grande-Bretagne.
Rez-de-chaussée — Salon de la Vieille-Montagne. Classe 64.....	Groupe H. { Métallurgie des métaux divers en France. Produits réfractaires (classes 64 et 65).

Au pied de la grande cheminée (côté de l'avenue de La Bour- donnais).....	Groupes I.	Chaudières, machines et machines - outils. — Electricité. (<i>Section française</i>). — Classes 19 à 24
Au pied de la grande cheminée (côté de l'avenue de Suffren)..	Groupes K.	Chaudières, machines et machines - outils. — Electricité. (<i>Sections étrangères</i>). Classes 19 à 24.

Les jours suivants, le programme des visites de chacun des groupes de la *Section de métallurgie* est indiqué dans le tableau ci-dessous, dans lequel la répartition est faite par simple permutation rotative.

	Mardi	Mercredi	Jouli	Vendredi	Samedi
Rez-de-chaussée. —	—	—	—	—	—
Entrée classe 64. —					
France.....	Groupe F	Groupe K	Groupe I	Groupe H	Groupe G
Rez-de-chaussée. —					
Grand-Duché du Lu- xembourg (classe 64)	Groupe G	Groupe F	Groupe K	Groupe I	Groupe H
Rez-de-chaussée. —					
Salon de la Vieille- Montagne (classe 64)	Groupe H	Groupe G	Groupe F	Groupe K	Groupe I
Au pied de la grande cheminée (côté de l'a- venue de La Bour- donnais).....	Groupe I	Groupe H	Groupe G	Groupe F	Groupe K
Au pied de la grande cheminée (côté de l'a- venue de Suffren)...	Groupe K	Groupe I	Groupe H	Groupe G	Groupe F

CHAPITRE II

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES DU CONGRÈS

I

DÉLÉGUÉS OFFICIELS

MM.

- Agullon** (Louis), inspecteur général des Mines, professeur à l'Ecole des Mines, *Délégué du Ministère des Travaux Publics*, 71, faubourg Saint-Honoré, Paris.
- Blankewoort** (C.), ingénieur en chef des Mines, *Délégué du Gouvernement néerlandais*, à Heerlen-e/-Maestricht (Pays-Bas).
- Bousquet** (Jean-Georges), ingénieur des Mines de la République Sud-Africaine, *délégué de la République Sud-Africaine*, 59, avenue de la Grande-Armée, Paris.
- Braive**, lieutenant-colonel d'artillerie, *délégué du Ministère de la Guerre*, 27, quai de la Tournelle, Paris.
- Chesneau**, ingénieur en chef des Mines, *délégué du Ministère des Travaux Publics*, 18, rue des Pyramides, Paris.
- Comyn** (Antonio), député aux Cortès, *délégué du Gouvernement espagnol*, Madrid (Espagne).
- Day** (David T.), chief Mineralogist. U. S. Geological Survey, *délégué des Etats-Unis*, à Washington (Etats-Unis).
- Delafond**, inspecteur général des Mines, *délégué du Ministère des Travaux Publics*, 108, boulevard Montparnasse, Paris.
- Douglass** (James), président « Copper Queen Consolidated Mining Co » Arizona, *délégué des Etats-Unis*, 99, John Street, New-York (Etats-Unis).
- Guérin** (René), *délégué du Gouvernement de Guatémala*, 7, rue d'Enghien, Paris.
- Harzé**, directeur général des Mines de Belgique, *délégué du Gouvernement belge*, 213, rue de la Loi, Bruxelles (Belgique).

Heikes (Victor C.), attaché au Commissariat, *délégué des Etats-Unis*, au Commissariat général des Etats-Unis, 20, avenue Rapp, Paris.

Hosoi (Yuwaya), ingénieur au Ministère de l'Agriculture et du Commerce du Japon, *délégué du Gouvernement japonais*, Tokio (Japon).

Howe (Henry M.), professeur de Métallurgie à l'Université de Columbia, à New-York, *délégué des Etats-Unis*, 27 Ouest 73 rd. Street New-York-City (Etats-Unis).

Kotsowsky, professeur à l'Institut des Mines à Saint-Pétersbourg, *délégué du Gouvernement russe*, à Saint-Pétersbourg (Russie).

Kournakow (N.), professeur à l'Institut des Mines, *délégué du Gouvernement russe* à Saint-Pétersbourg (Russie).

Le Neve Foster (Clément), inspecteur des Mines et professeur à l'Ecole des Mines de Londres, *délégué de la Grande-Bretagne*, Llandudno, Pays de Galles (Angleterre).

L'Espagnol de La Tramerye (Paul), *délégué de la République de l'Equateur*, 10 bis, rue Paul-Baudry, Paris.

Pellati (Nicolo), (Le Commandeur), inspecteur général, chef du Corps des Mines d'Italie, *délégué du Gouvernement italien*, 96, place de Claudio, Rome (Italie).

Pistor, colonel breveté d'Etat-Major, *délégué du Ministère de la Guerre*, 14, rue Saint-Dominique, Paris.

Poech (François), conseiller supérieur des Mines, *délégué du Gouvernement de Bosnie et Herzégovine*.

Sellerier (Carlos), ingénieur des Mines, inspecteur général des Mines de la République Mexicaine, *délégué de la République Mexicaine*, secrétaire de Fomento, Mexico (Mexique).

Slomka (Antoine), chevalier de Habdank, directeur des Mines et Usines de Vares, *délégué du Gouvernement de Bosnie-Herzégovine*, Vares (Bosnie).

Tello (Alfredo M.), ingénieur, *délégué de la République Argentine* à San-Juan (République-Argentine).

Warrington-Smyth (M.N.), *délégué du Gouvernement siamois*, 14, avenue d'Eylau, Paris.

II

MEMBRES DONATEURS

Compagnie Houillère de Bessèges , 17, rue Jeanne-d'Arc, Nîmes (Gard).....	100 »
Jules Chagot et C^{ie} , Compagnie des Mines de Blanzy, Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).....	100 »
Société des Aciéries et Forges de Firminy , à Firminy (Loire).....	100 »
William Galloway , 49, New-Port Road, Cardiff (Angleterre).....	100 »
Haton de la Goupillière , membre de l'Institut, directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines, président du Congrès des Mines et de la Métallurgie, 60, boulevard Saint-Michel, Paris...	100 »
Société des Mines de Lens , Lens (Pas-de-Calais).....	100 »
Max Meier , directeur général, Differdange (Grand-Duché de Luxembourg).....	100 »
Adrien de Montgolfier , directeur général de la Compagnie des Aciéries de la Marine, Saint-Chamond (Loire).....	100 »
Chambre des Mines de la République Sud-Africaine , 9, rue Boudreau, Paris.....	100 »
Johnston-John Howard , chez Morgan, Harjès et C ^{ie} , 31, boulevard Haussmann, Paris.....	75 »
Alexandre Gouvy , usine d'Avzianopetrowsk, bureau de Poste et Télégraphe du Gouvernement d'Orenbourg (Russie), 25 roubles.....	66 »
Sir Robert Austen , président of the Iron and Steel Institute, 28, Victoria Street, London S. W. (Angleterre), £ 2.....	52 50
Brough Bennet , general secretary of the Iron and Steel Institute, 28, Victoria Street, London S. W. (Angleterre), £ 2.....	52 50
Robert-Hay Anderson , Apartado Postal 866, Mexico D.F. (Mexique).....	50 »
Walton Brown , secretary of the Institute of Mining Engineers, 10, Lambton Road, Newcastle-on-Tyne (Angleterre).....	50 »
H.-A. Brustlein , Unieux (Loire).....	50 »

Horace Busquet , La Machine (Nièvre).....	50	»
Ernest Castanié , 6, rue d'Orléans, Oran (Algérie)...	50	»
Edouard Despret , 41, rue de Trèves, Bruxelles (Belgique).....	50	»
Ch. de Dietrich , Niederbronn (Alsace).....	50	»
James Douglas , 99, John Street, New-York (Etats- Unis).....	50	»
Léon Douvreur , Veauce (Loire).....	50	»
Pierre Droeshout , directeur central, Apartado, 410, Habana (Cuba).....	50	»
Société des Hauts-Fourneaux de Dudelange , Dudelange (Grand-Duché de Luxembourg).....	50	»
Emmanuel Duvivier , directeur des Mines d'Audun- le-Tiche, Audun-le-Tiche (Lorraine Allemagne)...	50	»
Henri Fayol , directeur général de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, 16, place Vendôme, Paris.....	50	»
Dr Philippe Goldschmidt , IV Heugasse, 16, Vienne (Autriche).....	50	»
Jules Goujon , Société de l'usine Métallurgique de Moscou, Moscou (Russie).....	50	»
Joseph Hans , ingénieur civil, 101, rue du Commerce, Bruxelles (Belgique).....	50	»
Henri-Marion Howe , 27, West 73, rd Street, New- York-City (Etats-Unis).....	50	»
Humbeck , Solingen (Allemagne).....	50	»
W.-H. Jaques , Engineer et Naval architect, 53, State Street, Boston, Mass. (Etats-Unis).....	50	»
Lipine , professeur à l'Ecole des Mines, St-Pétersbourg (Russie) Mogilews Kaya, 25.....	50	»
Société des Mines de la Loire , 47, rue Joubert, Paris.	50	»
Joseph Massenez , Wiesbaden (Allemagne).....	50	»
De Markiewicz , représentant de la Société des établissements de chaudronnerie et constructions mécaniques Fitzner et Gamper, 41, rue Hamelin, Paris.....	50	»
Jean Menart , 17, route d'Ath, Leuze, Hainaut (Bel- gique).....	50	»
Metallurgische Gesellschaft , 14a, Junghofstrasse, Francfort-sur-Mein (Allemagne).....	50	»
Léon Metz , maître de forges, Esch am dem Alzette (Grand-Duché de Luxembourg).....	50	»
Compagnie Parisienne d'Eclairage par le gaz , 6, rue Condorcet, Paris.....	50	»

J.-A. Parran , directeur général des Mines de Mokta-el-Hadid, 26, avenue de l'Opéra, Paris.....	50 »
Martin Szymanowsky , directeur de la Compagnie de Krivoi-Rog, Krivoi-Rog, Gouvernement de Kherson (Russie).....	50 »
Fernand Robellaz , 24, rue Pierre-Charron, Paris...	50 »
Hubert Roose , 45, Hill Street, Berkeley Square, London W. (Angleterre).....	50 »
Jesse-Roux , 39, rue de la Boétie, Paris.....	50 »
Marc Ruppé , directeur des Mines des Malines, Ganges, (Hérault)	50 »
Edmond Taragonet , directeur général des Aciéries de France, 36, rue Michel-Ange, Paris.....	50 »
Eugène Thiry , ingénieur, usine de la Société Briansk, Ekaterinoslaw (Russie).....	50 »
Tonneau , Marchienne-au-Pont (Belgique).....	50 »
Chambre de Commerce de Saint-Etienne , Saint-Etienne (Loire).....	50 »
Smits Mess'oud Bey , Humboldtstrasse, 23, Dusseldorf (Allemagne)	50 »
C. Vernoe d, Vieille-Montagne zinc Co, Nenthead, by Alston, Cumberland (Angleterre).....	50 »
Eugène Vicaire , 30, rue Gay-Lussac, Paris.....	50 »
Warocqué , charbonnages de Mariemont, château de Mariemont (Belgique).....	50 »
F. de Wendel , 10, rue de Clichy, Paris.....	50 »
H. de Wendel , Hayange, Lorraine (Allemagne).....	50 »

III

MEMBRES ADHÉRENTS

A

- Abrahamson** (Gustave), Bergsingenieur, Kuopio (Finlande).
Abramoff (Théodor), ingénieur des Mines, rue Kirpitchnaia, Novotcherkask (Russie).
Accarion, ingénieur des Hauts-Fourneaux de Micheville, Micheville (Meurthe-et-Moselle).
Société des Aciéries de France, M. Taragonet, directeur général, 83, quai de Javel, Paris.
Adamlecki (Victor), ingénieur, à Dombrowa (Pologne Russe).
Agniel (Georges), ingénieur de la Compagnie des Mines de Vicoigne-et-Noeux, à Noeux-les-Mines (Pas-de-Calais).
Agniel Siméon, agent général de la Compagnie des Mines de Vicoigne-et-Noeux, à Noeux-les-Mines (Pas-de-Calais).
Agullon (Louis), inspecteur général des Mines, professeur à l'Ecole des Mines, 71, faubourg Saint-Honoré, Paris.
Alardin (Justin), ingénieur, 19, avenue de Bertaimont, à Mons (Belgique).
Alardin (Justin) fils, ingénieur, directeur des anciens ateliers de construction Van der Kerchove, à Gand (Belgique), 110, rue Neuve, Bruxelles.
Albertini (Louis), ingénieur civil des Mines, 97, rue Saint-Lazare, Paris.
Albrand (Paul), directeur des Mines du Laurium (Grèce), 22, rue de Constantinople, Paris.
Aldama (Ermo Sr., Marques de), 9, rue de Jorge-Juan, Madrid (Espagne).
Allemand (Georges), directeur des Mines de la Croix-aux-Mines, à La Croix-aux-Mines (Vosges).
Anderson (Gustaf), Odeborg (Suède).
Angelvy (Antoine), ingénieur de l'exploitation des Mines de Bénisaf, à Bénisaf (département d'Oran), Algérie.
Anglès-d'Aurlac, ingénieur des Mines, 31, boulevard de Courtrais, Moulins (Allier).
Arbel (Pierre), administrateur-délégué des Forges de Douai, 3, rue Vignon, Paris.

- Ardizzone** (Charles), ingénieur aux Mines et Aciéries de Longwy, Longwy (Meurthe-et-Moselle).
Aresten (Joseph), directeur de la Société des Mines des Alpes, Bois-D'Asson, par Volx (Basses-Alpes).
Armand (comte), 20, rue Hamelin, Paris.
Arrault (P.), 69, rue Rochechouart, Paris.
Audemar (Henri), à Foucherans, près Dôle (Jura).
Audouin (Paul), ingénieur en chef des Travaux chimiques, Compagnie Parisienne du Gaz, 14, rue Cuvier, Paris.
Autissier (Alexandre), ingénieur civil, membre de la Chambre de Commerce du Morbihan, Rochefort-en-Terre (Morbihan).

B

- Babinski** (Henri), 170 bis, boulevard Haussman, Paris.
Babu, ingénieur au Corps des Mines, 29, rue de la République, Saint-Etienne.
Bachelery, ingénieur des Mines, 12, rue de la Néva, Paris.
Baclé (Louis), 57, rue de Châteaudun, Paris.
Baille (Martin), ingénieur divisionnaire, La Grand'Combe (Gard).
Balloud (Claude), 106, avenue de Villiers, Paris.
Bally (Armand), ingénieur, 2, rue de Harlez, à Liège (Belgique).
Bally (Clément), ingénieur en chef des Mines de Marles, à Auchel (Pas-de-Calais).
Balssac (A.), Gouhenans (Haute-Saône).
Bajard (Antoine), ingénieur, 4, rue Boieldieu, Béziers (Hérault).
Balazuc (Victor), Aciéries de la Marine, Saint-Chamond, (Loire).
Baraige (E.-F.), ingénieur de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, Saint-Priest, par Saint-Etienne (Loire).
Barbanson (Gaston), 1, rue de Falcqz, Bruxelles (Belgique).
Barbler (Benjamin), Routhenkov, gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie).
Barbler (Eugène), 19, rue Louis-le-Grand, Paris.
Barbler (Maurice), ingénieur, rue d'Hornu, 82, à Wasmes, près Mons (Belgique).
Bardier (Maurice), ingénieur-directeur des Mines de Sclenitza, Vallona, Albanie (Turquie d'Europe).
Bardon (Gustave), 19, rue Espérandieu, Marseille (Bouches-du-Rhône).

Baretta, ancien directeur des Mines de Beaubrun, 27, cours Victor-Hugo, Saint-Etienne (Loire).

Barlet (Henri), ingénieur honoraire des Mines de Montegnée-les-Liège, à Montegnée-les-Liège (Belgique).

Bar, ingénieur en chef des Mines de Courrières, Billy-Montigny (Pas-de-Calais).

Barre, 5, impasse du Parc, Bruxelles (Belgique).

Barrillon (Léon), ingénieur en chef des Mines d'Aniche, Aniche (Nord).

Barrowman (James), Mining Engineer, Steaneacre, Hamilton, (Scotland).

Barthélemy (Louis), directeur général de la Société française des Poudres de sûreté, 62, rue de Provence, Paris.

Batault (Léon), ingénieur, à Montchanin-les-Mines (Saône-et-Loire).

Baudrand (Jean), ingénieur divisionnaire aux mines de la Grand'Combe, La Grand'Combe (Gard).

Bauer (Jules), ingénieur des Mines, 2, rue Auguste-Maquet, Point-du-Jour, Paris.

Bauerman (H.), professeur, Ordnance-collège, Woolwich, 14, Cavendish Road, Balkam, Londres, S.-W.

Bayard (Paul), ingénieur conseil, 51, rue Michel-Ange, Paris.

Bayle (Paul), Autun (Saône-et-Loire).

Beck (Jos.), ingénieur, 3, villa Mozart, Paris-Auteuil.

Beck (Docteur Ludwig), Biebrich-am-Rhein (Allemagne).

Beco (Jean), ingénieur, 24, rue d'Ecosse, Bruxelles (Belgique).

Bedel (Camille), Maître de Forges, à La Bérardière, Saint-Etienne (Loire),

Belgbeder (Jean), ingénieur, 125, avenue de Villiers, Paris.

Bel (J.-M.), ingénieur-conseil, 4, place Denfert-Rochereau, Paris.

Belliard, 4, rue de Naples, Paris.

Benolist (Léopold-Louis), Aciéries de Longwy, Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).

Benolist (Paul), ingénieur, Apartado, 34, Bilbao (Espagne).

Bergaud, directeur de la Société Solvay et C^{ie}, 3, rue de la Station, Douai (Nord).

Bergeron (Jules), professeur à l'Ecole Centrale, 157, boulevard Haussmann, Paris.

Berge (René), 12, rue Pierre-Charron, Paris.

Berg und Huttenmännischen Verein für Steiermark und Kärnten, section de Leoben, à Leoben, Styrie (Autriche).

- Berthault** (M.-W.), 10, avenue de Villars, Paris.
- Berthier** (Joanny), ingénieur principal de la Compagnie Royale Asturienne, 4, rue d'Angleterre, Tunis (Tunisie).
- Bertollo** (Sollmann), professeur d'Exploitation et de Métallurgie à l'Institut technique et supérieur de Milan, Milan (Italie).
- Blétrie** (Vincent), Saint-Etienne (Loire).
- Bihl** (Gustave), Central director der Bruxer Kohlenbergbau Gesellschaft, in Brux (Bohême).
- Billin** (Charles), 1543, Marquette Building, Chicago, Illinois (Etats-Unis).
- Billy** (de), ingénieur, 73, rue de Courcelles, Paris.
- Bingel**, director, Rhein-Elbe, près de Gelsenkirchen, Westphalie (Allemagne).
- Biver** (Charles), directeur des Mines de la Clarence, Calonne-Ricouart (Pas-de-Calais).
- Biver** (Eugène), administrateur de la Compagnie de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons, 14, rue de Prony, Paris.
- Biver** (Marcel), ingénieur E. C. P., 90, rue Jouffroy, Paris.
- Blanc** (Paul), ingénieur aux Mines de Béthune, à Bully-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Blanchart** (C.), 36, rue de Pascale, Bruxelles (Belgique).
- Blankewoort** (C.), ingénieur en chef des mines, Heerlen e Maëstricht (Pays-Bas).
- Bodard** (Joseph), industriel, à Commentry (Allier).
- Boel** (Paul), 43, boulevard du Régent, Bruxelles (Belgique).
- Bogaert** (Hilaire), 201, quai de Fragnée, Liège (Belgique).
- Boischevallier** (Paul de), président de la Société des Forges et Fonderies de Montataire, 19, rue de Téhéran, Paris.
- Boisgrollier** (Joseph de), directeur des Usines de Mazières, Bourges (Cher).
- Boissière** (Albert), ingénieur à la Compagnie Parisienne du Gaz, 124, boulevard Magenta, Paris.
- Bollaert** (Félix), ingénieur aux Mines de Lens, 8, rue Carnot, Lens (Pas-de-Calais).
- Bolle** (Jules), ingénieur des Mines, 41, Grande-Rue, Mons (Belgique).
- Bolo** (Louis), ingénieur aux Forges de Gueugnon, Gueugnon (Saône-et-Loire).
- Bonaparte** (Le prince Rolland), 10, avenue d'Iéna, Paris.
- Bonnassies**, ingénieur, 20, rue des Pyramides, Paris.
- Bordeaux** (Albert), Thonon-les-Bains (Haute-Savoie).
- Bornet** (C.), 10, rue Saint-Ferdinand, Paris.

- Borreau** (Jules), directeur de l'Usine de Saint-Gobain, Chauny (Oise).
- Boschan** (Arthur de), ingénieur, Kantgasse, 3, Vienne (Autriche).
- Bosch-Stein**, industriel. Manufacture de câbles et cordages veuve A. Stein, Danjoutin-Belfort (Territoire de Belfort).
- Botton** (Jean), administrateur-directeur de la Société des Ciments du Charolais, Palinges (Saône-et-Loire).
- Boucharin**, négociant en charbons, 19, rue Haxo, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Bouchut** (Léon), ingénieur divisionnaire des Mines de la Béraudière, La Ricamarie (Loire).
- Bouchez**, ingénieur des Mines, Cambrin (Pas-de-Calais).
- Boudhinon**, ingénieur, à Saint-Chamond, Saint-Chamond (Loire).
- Boullangier**, directeur de la Société des Mines de Saint-Gervais d'Auvergne (Puy-de-Dôme).
- Bourliez** (Jules), 84, rue des Ailes, Bruxelles (Belgique).
- Bouroz** (Auguste), directeur des Charbonnages d'Ekaterinowka, 5, rue Chauchat, Paris.
- Bousquet** (Jean-Georges), ingénieur des Mines de la République Sud-Africaine, 59, avenue de la Grande-Armée, Paris.
- Boutan** (E.), ingénieur en chef des Mines, 64 bis, rue de Monceau, Paris.
- Boutelle** (Paul), ingénieur principal aux Mines de la Péronnière, Grand-Croix (Loire).
- Bouvard**, directeur général des Aciéries de Makiewka, 21, rue de Londres, Paris.
- Bouvler** (Henri), directeur des Mines de La Mure, La Motte-d'Aveillans (Isère).
- Bovet** (Armand de), 3, avenue du Coq, Paris.
- Brabant** (Georges), ingénieur, 12, rue de la Ruche, Bruxelles (Belgique).
- Braive**, lieutenant-colonel d'artillerie, 27, quai de la Tournelle, Paris.
- Brassart** (Victor), Fumay (Ardennes).
- Bréda** (Louis), professeur de métallurgie à l'Université de Liège, 32, rue de l'Eglise, Kockelberg-Bruxelles (Belgique).
- Brérault** (Emile), ingénieur, 46, rue Pasquier, Paris.
- Bresson** (Georges), 3, rue de Stockholm, Paris.

- Breton** (Ludovic), ingénieur-directeur des travaux du chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre, 18, rue Royale, Calais (Pas-de-Calais).
- Brichant** (Isidore), 13, rue de la Concorde, Bruxelles (Belgique).
- Brisse** (Edouard), ingénieur des Mines, 46, rue de Dunkerque, Paris.
- Brüll**, 117, boulevard Malesherbes, Paris.
- Brunon** (Gabriel), ingénieur, Deutz, près Cologne (Allemagne).
- Buchet** (Henri), directeur des Mines d'Ostricourt, à Oignies (Pas-de-Calais).
- Buisson** (Christophe), directeur des Mines de Commentry, à Commentry (Allier).
- Buisson** (Cl.), ingénieur civil des Mines, cours Fauriel, 3, Saint-Etienne (Loire).
- Bulman** (H.-F.), Barcus Close, Burnopfield, R.S.O., Durham (Angleterre).
- Bultot** (Edouard), avocat, 2 bis, rue d'Oultremon, Valenciennes (Nord).
- Buquet** (Paul), 1, rue Montgolfier, Paris.
- Bureau**, ingénieur aux mines d'Albi, Albi (Tarn).

C

- Cabassut** (Emile), ingénieur aux Mines d'Aniche, Aniche (Nord).
- Cailliet** (Eugène), ingénieur-constructeur de machines, 77 bis, rue de Condé, Anzin (Nord).
- Caillot** (Etienne), ingénieur principal aux Houillères de Bézenet, Bézenet (Allier).
- Cambessedès** (Félix), 4, rue Cuvelle, Douai (Nord).
- Campredon** (Louis), directeur du Laboratoire métallurgique, Saint-Nazaire (Loire-Inférieure).
- Capacci** (Celso), ingénieur, 7, via Valfonda, Florence (Italie).
- Carle**, ingénieur civil des Mines, à Aubagne (Bouches-du-Rhône).
- Carlloz** (Joseph), 38, rue de Moscou, Paris.
- Carnat** (Edmond), ingénieur principal, Mines de Bruay, à Bruay (Pas-de-Calais).
- Carnot** (Adolphe), directeur de l'École nationale supérieure des Mines, 60, boulevard Saint-Michel, Paris.
- Carpentier-Nivelle** (J.), ingénieur des Arts et Manufactures, 7, rue du Fort-Louis, Dunkerque (Nord).

- Carroll** (Lafayette-D.), care MM. Humphreys and Glasgow, 9, Victoria Street, London. S. W. (Angleterre).
- Castel** (Charles-Emile), 72, cours de Vincennes, Paris.
- Castellan** (E.), ingénieur, rue Descombes, 12, Paris.
- Castellan** (F.), 52, quai de Billy, Paris.
- Castelnau** (de), ingénieur en chef des Mines, 15, avenue Bosquet, Paris.
- Catellin** (Jules de), ingénieur-conseil, 61, rue de Chaillot, Paris.
- Chabrand** (E.), ingénieur, 4, boulevard de Denain, Paris.
- Chalmerton** (Ferdinand), directeur des Mines de Bessèges, président d'honneur du Congrès des Mines, rue Jeanne-d'Arc, Nîmes (Gard).
- Chalon** (Paul), 86, rue Cardinet, Paris.
- Chambers** (J.-E.), Late of Tinsley-Park Colliery, near Sheffield (Angleterre).
- Chambon** (Jean), ingénieur aux Mines de Sain-Bel, Sain-Bel (Rhône).
- Chambre de Commerce de Paris**, place de la Bourse, Paris.
- Chambure** (Maurice de), ingénieur civil des Mines, aux Mines de Lens, à Loos-en-Gohelle (Pas-de-Calais).
- Champy** (L.), ingénieur au Corps des Mines, Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Chamussy** (L.), ingénieur-directeur des Mines de Manganeuse de Romanèche, Romanèche-Thorins (Saône-et-Loire).
- Chancel** (Alphonse), à Bône (Algérie).
- Chantrelle** (A.), ingénieur-métallurgiste, à Maubeuge (Nord).
- Chanove** (Gabriel), 103, boulevard Pereire, Paris.
- Chansselle** (Jules), 8, place de l'Hôtel-de-Ville, Saint-Etienne (Loire).
- Chapot**, ingénieur civil des mines, attaché au Conseil d'administration des Mines de la Grand'Combe, 15, rue Vauquelin, Paris.
- Chapoton** (J.), ingénieur aux Mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron).
- Charleton** (A. G.), Mining Engineer, 5, Avonmore Road, West-Kensington Londres (Angleterre).
- Charlon** (Claude-Emile), 25, rue Pierre-Dupré, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Charousset**, directeur des Mines de la Péronnière, Grand-Croix (Loire).
- Charpentier** (Henri), ingénieur des Mines, 12, boulevard Montebello, Lille (Nord).

- Charpy**, ingénieur principal des Forges Saint-Jacques de Montluçon, 27, Avenue de la Gare, Montluçon (Allier).
- Charreton (J.)**, ingénieur aux Mines de Villeboeuf, Saint-Etienne (Loire).
- Charrier (Jules)**, à Paulhaguet (Haute-Loire).
- Charvériat (Joseph)**, 16, quai de Tilsitt, Lyon (Rhône).
- Charvet (Henri)**, 5, place Marengo, Saint-Etienne (Loire).
- Chastelain (Alex.)**, à Figeac (Lot).
- Chateau (François)**, à Courson-les-Carrières (Yonne).
- Chaudron (A.)**, administrateur-délégué d'Hautrage, à Auderghem, près Bruxelles (Belgique).
- Chauvet (Charles)**, ingénieur, 59, boulevard Victor-Hugo, Béthune (Pas-de-Calais).
- Chehet**, maître de Forges, à Alhes-Mons, 54, rue de la Bienfaisance, Paris.
- Chenet (Hyacinthe)**, directeur de la verrerie de Mégécoste, Mégécoste, par Sainte-Florine (Haute-Loire).
- Cherond (Gaston)**, 40, rue de la Garenne, Courbevoie (Seine).
- Chesneau**, ingénieur en chef des Mines, 18, rue des Pyramides, Paris.
- Chevallier (Louis)**, directeur des Mines de la Touche, Sens de Bretagne (Ille-et-Vilaine).
- Chomienne (Paul)**, ingénieur civil des Mines, à Lorette (Loire).
- Christ (Emile)**, représentant de la Société industrielle de Mulhouse, 15, rue de Milan, Paris.
- Ciamens (J.-B.)**, 9, rue Louis-le-Grand, Paris.
- Clarault**, ingénieur en chef du matériel et de la traction des Chemins de fer de l'Ouest, 44, rue de Rome, Paris.
- Clerc (François)**, ingénieur civil, 38, rue du Bac, Paris.
- Clerget**, ingénieur civil, Société de Denain-Anzin, La Ferrière-aux-Étangs (Orne).
- Coëvoët-Renouard**, Président du Conseil des Mines de La Clarence (Calonne-Ricouart), Boulevard des Ecoles, 1, Lille (Nord).
- Collart (Paul)**, directeur des Compagnies réunies de gaz et d'électricité, 27, rua da Boa Vista, Lisbonne (Portugal).
- Colomer (Félix)**, 4, rue Gounod, Paris.
- Colson (Emile)**, 111, Boulevard de Waterloo, Bruxelles (Belgique).
- Comité central des Houillères de France**, 55, rue de Châteaudun, Paris.
- Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons**, 19, rue de la Rochefoucault, Paris.

- Compagnie des Mines de Carmaux**, 35, rue Pasquier, Paris.
- Compère**, ingénieur-directeur de l'Association Parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur, 66, rue de Rome, Paris.
- Comyn** (Antonio), député aux Cortès, Madrid (Espagne).
- Constant** (Mario), ingénieur civil des Mines, Attaché au Comptoir National d'Escompte de Paris, 8, place Dancourt, Paris.
- Conte** (Jules), ingénieur divisionnaire aux Mines de Bruay, Bruay (Pas-de-Calais).
- Coppée** (Evence), 71, boulevard d'Anderlecht, Bruxelles (Belgique).
- Copelay** (Henri), agent général for New-South-Wales, Westminster Chambers, 9, Victoria street, London-Westminster, S. W. (Angleterre).
- Corin** (François), directeur de l'usine à gaz, Société G. Dumont frères, Sclaigneaux (Belgique).
- Cornesse**, ingénieur en chef du Service des Forges, au Creusot (Saône-et-Loire).
- Cornuault**, administrateur du Gaz et des Hauts-Fourneaux de Marseille et des Mines du Portes et Sénéchas, 10, rue Cambacérés, Paris.
- Corvée**, directeur des Aciéries de Makiewka, Makiewka, Station Khartzisskaia, Chemin de fer Ekaterininskaia (Russie Méridionale).
- Cosset-Dubrulle** (E.), fils, ingénieur, constructeur d'appareils d'éclairage pour mines, 45, rue Turgot, Lille-Canteleu (Nord).
- Coste** (Louis), à Camors, par Bordères-Louron (Hautes-Pyrénées).
- Cottin** (Louis), ingénieur, 110, Grande-Rue, Oullins (Rhône).
- Couriot** (Charles), 3, rue de Logelbach, Paris.
- Courtin**, 28, rue Barbet-de-Jouy, Paris.
- Craponne** (Louis), ingénieur-principal des Mines de Ferfay, Auchel (Pas-de-Calais).
- Crédit-Lyonnais**, Etudes Financières, 19, boulevard des Italiens, Paris.
- Cros** (Paul-Joseph), à Dombrowa (Pologne Russe).
- Cuau**, élève à l'Ecole des Mines, 137, boulevard Magenta, Paris.
- Cuvelette** (Ernest), ingénieur au Corps des Mines, à Arras (Pas-de-Calais).

D

- Daly**, 5, impasse du Parc, Bruxelles (Belgique).
- Damaschka** (Antoine), rédacteur en chef der « Kohlenintere-
ressent », Teplitz, Bohême (Autriche).
- Damoiseau** (Adolphe), ingénieur, 26, rue du Garde-Chasse,
Les Lilas (Seine).
- Damon** (Pierre), ingénieur aux Mines de Brassac, Brassac
(Puy-de-Dôme).
- Danton** (Jacques-Désiré), 6, rue du Général-Henrion, Neuilly
(Seine).
- Darby** (John-H.), Brymbo, near Vrexham (Angleterre).
- Darcy** (Henry), président du Comité central des Houillères
de France, de la Compagnie des Forges de Châtillon-
Commentry et des Mines de Blanzky, château de Brim-
borion, Sèvres (Seine-et-Oise).
- Darodes** (Georges), directeur des Mines de la Grand'Combe,
Grand'Combe, par La Levade (Gard).
- Darphin** (Pierre-Joseph), ingénieur en chef des Travaux du
Jour, Anzin (Nord).
- Davaine** (Ernest), Saint-Amand-les-Eaux (Nord).
- David** (Paul), au Jonquier, par Bagnols (Gard).
- Day** (David-T.), chief mineralogist, U. S. Geological Survey
à Washington (Etats-Unis).
- Dayras** (E.), ingénieur au service des Mines de la Société de
Commentry-Fourchambault, 82, rue de Monceau, Paris.
- Debray** (Paul), ingénieur en chef des Ponts et Chaussées,
41, avenue Kléber, Paris.
- Decroës** (J.), 12, rue des Guillaumins, Liège (Belgique).
- Degaugue** (Arthur), directeur-gérant de la Société Ardoisière
de la Renaissance, Fumay (Ardennes).
- Degoutin** (Nicolas), ingénieur, 9, rue Soufflot, Paris.
- Degrand** (Georges), ingénieur civil des Mines, 210, route de
Versailles, Boulogne (Seine).
- Dellmann** (C.), ingénieur, Dortmund, Westphalie (Alle-
magne).
- Dejardin** (Louis), ingénieur en chef des Mines, directeur au
Ministère belge de l'Industrie et du Travail, 186, rue du
Trône, Bruxelles (Belgique).
- Delabroise** (G.), ingénieur au service des Mines de la Société
Commentry-Fourchambault, 22, rue d'Edimbourg, Paris.
- Deladrière** (Gédéon), Wasmes (Belgique).

- Delafond**, inspecteur général des Mines, 108, boulevard Montparnasse, Paris.
- Delafosse**, directeur des Mines de Tréllys, Le Martinet (Gard).
- Delamarre-Deboutteville** (E.), ingénieur, Fontaine-le-Bourg (Seine-Inférieure).
- Delame** (Albert), ingénieur honoraire des Mines, 11, quai de l'Industrie, Liège (Belgique).
- Delano**, directeur de la Compagnie générale des Asphaltes de France, 117, quai Valmy, Paris.
- Delebecque** (André), ingénieur des Ponts et Chaussées, 35, boulevard des Tranchées, Genève (Suisse).
- Delecroix** (Jules), ingénieur des Arts et Manufactures, 1, place de la Station, Douai (Nord).
- Dellineau**, président de la Société houillère du Nord d'Alais, 20, boulevard Richard-Lenoir, Paris.
- Delsol** (Etienne), 8, rue de la Poste, Toulouse (Haute-Garonne).
- Deltenre** (Hector), ingénieur des Mines, Fayt-lez-Manage. Hainaut (Belgique).
- Delu**, 80, rue Taitbout, Paris.
- Demaret** (Léon), 7, place de Flandre, Mons (Belgique).
- Demaret-Freson** (J.-Oscar), 33, avenue d'Havré, Mons (Belgique).
- Demenge** (Emile), administrateur de la Compagnie française des Métaux, 89, avenue de Villiers, Paris.
- Demerbe** (Arthur), ingénieur, Jemmapes, près Mons (Belgique).
- Demeure** (Adolphe), ingénieur, Houdeng-Aimeries (Belgique).
- Demolon**, ingénieur; représentant de la Société des fers et aciers Robert, 12, avenue Parmentier, Paris.
- Demonet** (Ch.), ingénieur des Arts et Manufactures, 23, rue de la Commanderie, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Denizot**, agent commercial des mines de Douchy, 50, rue de Paradis, Paris.
- Denoël**, ingénieur au Corps des Mines, rue Américaine, 56, Bruxelles (Belgique).
- Departamento nacional de Ingenieros**, Montevideo (Uruguay).
- Derclaye** (Oscar), ingénieur, 27, rue Sainte-Véronique, Liège (Belgique).
- Derobert** (Claude), 18, boulevard de la Part-Dieu, Lyon (Rhône).
- Deronchène** (Eugène), ingénieur, 7, rue Burenville, Liège (Belgique).

- Desailly** (Léon), ingénieur principal aux Mines de Liévin, Liévin (Pas-de-Calais).
- Desbans** (Joseph), Romanèche-Thorins (Saône-et-Loire).
- Descous** (Eugène), ingénieur aux Mines des Bormettes, 133, rue de Rome, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Descous** (Lucien), ingénieur aux Mines des Bormettes, La Londe-d'Hyères (Var).
- Deshayes** (Victor), 79, rue Claude-Bernard, Paris.
- Deshons**, ingénieur aux Houillères de Dombrowa, Dombrowa (Pologne Russe).
- Desjuzeur** (Michel), 37, cours du Midi, Lyon (Rhône).
- Desmarres** (Robert), ingénieur civil des Mines, 20, rue de Penthievre, Paris.
- Després** (André), ingénieur civil des Mines, 1, place du Louvre, Paris.
- Desroziers** (Ed.), 10, avenue Frochot, Paris.
- Destival**, directeur des Mines d'Epinaç, Epinaç (Saône-et-Loire).
- Desvignes** (Victor), directeur des Mines du Cros, Saint-Etienne (Loire).
- Deverne**, ingénieur principal aux Mines de Douchy, Louches (Nord).
- Devillard** (Ernest), ingénieur, La Ricamarie (Loire).
- Dick**, director, Kray, près Essen, Prusse Rhénane (Allemagne).
- Didier** (Léon), ingénieur aux Mines de Bruay, Bruay (Pas-de-Calais).
- Dignaron** (J.), ingénieur civil des Mines, 5, cours Jovin-Bouchard, Saint-Etienne (Loire).
- Dincq** (Achille), administrateur délégué des Mines de Bruay, Bruay (Pas-de-Calais).
- Dirand** (Georges), ingénieur, Vicoigne (Nord).
- Directeur** (Le) de l'atelier de Construction de Lyon, à Lyon (Rhône).
- Direction** des Mines, Usines et Domaines hongrois de la Société Autrichienne-Hongroise privée des chemins de fer de l'Etat. VI. — 24/a Terez-Korut, Budapest (Hongrie).
- Discry** (Emile), ingénieur, directeur des Charbonnages de Gosson-Lagasse, Jemeppe-les-Liège (Belgique).
- Disdler** (E.), ingénieur et fabricant, membre du Jury, 1, Ventura de la Vega, Madrid (Espagne).
- Dixon** (William), Cleator Gate, Cleator (Angleterre).

- Doise** (Sosthène), ingénieur-directeur des Mines de Bruay, Bruay (Pas-de-Calais).
- Domage** (Henri), directeur de la Société nouvelle des Charbonnages des Bouches-du-Rhône, 4, place Sadi-Carnot, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Dompe** (Luigi), ingénieur au Corps Royal des Mines d'Italie, régent du district minier de Vicenza, à Vicenza (Italie).
- Dondelinger** (Victor), ingénieur des Mines, Luxembourg (Grand Duché de Luxembourg).
- Dorémieux** (Charles), maître de forges, 14, rue de Béthune, Versailles (Seine-et-Oise).
- Dorlon** (Joseph), 39 bis, rue de Châteaudun, Paris.
- Dormus** (Antoine de), ingénieur en chef de Kaiser Ferdinand Nordbahn, Nordbahnstrasse, 50, Vienne (Autriche).
- Dory**, ingénieur-directeur-gérant de la Compagnie Alada et Guipuscoa, 4, Banez de Bilbao C., Bilbao (Espagne).
- Dougados**, ingénieur en chef des Mines, Ecole des Maîtres Mineurs, Alais (Gard).
- Dreux** (Alexandre), administrateur-directeur de la Société des Acières de Longwy, Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).
- Drouin**, ingénieur civil, 95, rue de Rennes, Paris.
- Dubois** (Albert), de la maison Dubois et C^{ie}, constructeurs, Anzin (Nord).
- Dubois** (Joseph), ingénieur, Flénalle-Grande (Belgique).
- Dubois** (Jules-Louis), ingénieur à l'Acierie de Huta-Bankowa, Dombrowa (Pologne Russe).
- Du Bult** (Paul), Société générale de Dynamite, 12, place Vendôme, Paris.
- Duc** (Hector), directeur des Houillères de Saint-Chamond, avenue de la Gare, Saint-Chamond (Loire).
- Duffleux** (Paul-Antoine), ingénieur aux Mines d'Aniche, Waziers, près Douai (Nord).
- Dujardin-Beaumetz**, 85, rue de la Pompe, Paris.
- Dulait** (Julien), administrateur-gérant de la Société Electrique et Hydraulique de Charleroi, à Charleroi (Belgique).
- Dumas** (L.), 24, rue de Turin, Paris.
- Dumolard** (Victor), ingénieur, Beauprêtre (ancien Bou-Faima), Kabylie (Algérie).
- Dumont** (André), professeur à l'Université de Louvain, Louvain (Belgique).
- Dupont** (Albert), chef de fabrication aux Forges de Mutterhausen, Mutterhausen (Lorraine).

- Dupont** (Louis), ingénieur-secrétaire des Usines de Vaume et Marpent, à Haine-Saint-Pierre, Morlanwelz (Belgique).
- Duporcq** (Louis-Ernest), ingénieur en chef des Mines, Arras (Pas-de-Calais).
- Dupuis** (Edmond), 18, avenue Jules-Janin, Paris.
- Dupuis** (Henri), ingénieur-directeur-gérant, Acoz (Belgique).
- Durand** (O.), directeur des Mines de Montchanin, à Montchanin (Saône-et-Loire).
- Durand** (Jean-Joseph), ingénieur conseil, Derbières, par la Concourde (Drôme).
- Durant** (Henri), inspecteur général des Charbonnages patronnés par la Société générale, Montagne du Parc, 3, Bruxelles (Belgique).
- Durant** (Victor), ingénieur principal des mines de Marles, Auchel (Pas-de-Calais).
- Duranton**, ingénieur des Arts et Manufactures, 58, boulevard Voltaire, Paris.
- Durassier** (Léon), 5, place des Ternes, Paris.
- Durieu** (Félix), 106, rue en Bois, Liège (Belgique).
- Dutreux** (Auguste), ingénieur E. C. P., 135, boulevard Mallesherbes, Paris.
- Dutreux** (Tony), ingénieur E. C. P., château de la Celle-Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
- Duval** (Edmond), 64, rue Caumartin, Paris.

III

- Egbert** (Ritter von Hochstetter), ingénieur des Mines, Dombrau, Schlésien (Autriche).
- Ehrhardt** (Ludwig), constructeur, Schleifmuhle, bei Saarbrücken (Prusse Rhénane).
- Eilers** (Anton), Eilers Plant, Pueblo, Colorado (Etats-Unis).
- Electricité** (Société anonyme d'), M. Gino Dompieri, 221, rue de l'Université, Paris.
- Engel**, Bergmeister, 67, Linden-Allee, Essen-Ruhr (Allemagne).
- Escalle** (Jean), directeur technique de la Société des Aciéries de France, Isbergues (Pas-de-Calais).
- Escalle** (Pierre), ingénieur en chef aux Aciéries de Longwy, Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).
- Etchats** (Alphonse), Apartado, 34, Bilbao (Espagne).
- Euverte** (Jules), 6, rue de Seine, Paris.

Evrard (Alfred), ingénieur, 39, rue de La Bruyère, Paris.

Evrard (Maximilien), ingénieur, Sorbiers, par La Talaudière (Loire).

Evrard (Nestor), directeur-gérant des Charbonnages de Marcinelle à Marcinelle-Nord (Belgique).

Evrard (Paul), à Villanueva-Minas (Province de Séville) (Espagne).

F

Faible (Antonin), directeur-gérant des Mines de Crespin (Nord), Quiévrechain (Nord).

Falck (G.-E.), Lecco, Lombardie (Italie).

Farbaky (Etienne), député, Lonyayutiza, Budapesth, IX (Hongrie).

Farcot (fils), 189, rue Lafayette, Paris.

Farla (Pedro Garcia), Plaza Duque de Medinaceli, 1, Barcelone (Espagne).

Faure (Joseph), ingénieur, 94, avenue Henri-Martin, Paris.

Fauvage, ingénieur civil des Mines, 7, villa Poirier, 90, rue Lecourbe, Paris.

Favette (Dominique), Alexiades Han 22, Galata, Constantinople (Turquie).

Fayol (Paul), directeur des Mines de Brassac, Brassac (Puy-de-Dôme).

Fera (Cav. Cesare), ingénieur en chef de la Société des Hauts-Fourneaux, Fonderies et Aciéries de Terni, Terni (Italie).

Fernau (C.), Nenthead, Cumberland (Angleterre).

Fèvre (Lucien), ingénieur des Mines, 38, rue de Baudimont, Arras (Pas-de-Calais).

Feyte, contrôleur principal des Mines, 35, rue Chaptal, Montpellier (Hérault).

Fischer (Félix), Reinestrasse, 55, Vienne (Autriche).

Flament (Ernest), ingénieur, Bruay (Pas-de-Calais).

Focquet (Paul), ingénieur, directeur-gérant de la Société anonyme des Forges de Vireux-Molhain, à Vireux-Molhain (Ardennes).

Fontaine-Bour (Georges), 56, rue Royale, Bruxelles (Belgique).

Fontaine de Laveleye, 5, boulevard des Italiens, Paris.

Fontaine (Maurice), ingénieur principal des Mines de Courrières, Sallaumines (Pas-de-Calais).

- Forges de Franche-Comté** (MM. les Administrateurs de la Société anonyme des), à Besançon (Doubs).
- Forcade** (Henri de),-secrétaire général des mines d'Anzin, Anzin (Nord).
- Forget** (Robert), administrateur-délégué de la Société Transmission, Transport et Traction, 1, Square de La Bruyère, Paris.
- Fortin-Hermann** (Louis-Adolphe), 138, boulevard Montparnasse, Paris.
- Forquenot** (Louis), ingénieur au Crédit Lyonnais, 1, rue des Passerons, Montmorency (Seine).
- Francileu** (Xavier de), ingénieur divisionnaire, Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- François** (Antonin), directeur général des Mines d'Anzin, Anzin (Nord).
- François** (Charles), ingénieur au Puits des Hamends, Jumet-Hamends (Belgique).
- François-Defacqz** (Joseph), ingénieur-constructeur, Seraing (Belgique).
- Frédéric-Moreau** (F.), ingénieur civil des Mines, 22, avenue de la Grande-Armée, Paris.
- Freeland T.** (Francis), Box 1016, Aspen, Colorado (Etats-Unis).
- Frerichs** (Charles), ingénieur civil des Mines, 41, rue du Collège, Châtelet (Belgique).
- Freydier-Dubreull** (Georges), ingénieur civil des Mines, 31, rue de l'Hôtel-de-Ville, Lyon (Rhône).
- Frossard** (John-Daniel), Orthez (Basses-Pyrénées).
- Fryar** (John-W.), M.-E., South-View, Crook, Durham (England).
- Fumat** (Victor), ingénieur en chef des Mines d'Ostricourt, Oignies (Pas-de-Calais).
- Funcke**, Bergrath, Camen, Westphalie (Allemagne).

G

- Gabet** (Henri-Victor), ingénieur au Corps des Mines italien, Caltanissetta (Sicile).
- Gaechter** (Eugène de), sous-directeur des Forges de Trignac, Trignac (Loire-Inférieure).
- Gal** (Paul), directeur général de la Société Minière et Métallurgique de Penarroya, 12, place Vendôme, Paris.
- Galland** (L.), constructeur, Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Gallas** (Louis), 19, rue d'Athènes, Paris.

- Gambaro**, ingénieur à la Compagnie de l'Est, 95, boulevard Montmorency, Paris.
- Garand** (Alexandre), ingénieur principal aux Mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Firminy (Loire).
- Garcin** (P.), à Turon, par Santullano, Asturias (Espagne).
- Gardon** (Aimé), 7, place de la Badouillère, Saint-Etienne (Loire).
- Gasc** (Pierre), ingénieur conseil des Mines, Szezakowa, Galicie (Autriche).
- Gascuel** (Louis), ingénieur civil des Mines, 30, rue de Paris, Orsay (Seine-et-Oise).
- Gattner** (Dr Josef), K. K. Oberbergrath, Brux, Bohmen (Autriche).
- Gauthier**, ingénieur à la Compagnie de l'Ouest, 44, rue de Rome, Paris.
- Gegauff** (Paul), Aichinger, Mulhouse (Alsace).
- Genes** (de), ingénieur civil des Mines, 80, rue Taitbout, Paris.
- Gensse**, ingénieur à la Compagnie Parisienne du Gaz, 146, rue Lafayette, Paris.
- Georgiades** (Achille), ingénieur divisionnaire aux Mines de la Compagnie française du Laurium (Grèce), 37, rue Ampère, Paris.
- Georgiades** (Georges), ingénieur en chef de la Compagnie des Usines du Laurium, Laurium (Grèce).
- Gevers-Orban**, ingénieur, Montégnée-Liège (Belgique).
- Ghesquière-Diérick** (Désiré-A.), administrateur-directeur général des Fonderies et Laminiers de Biache-Saint-Wast, 1, rue Legendre, Paris.
- Ghinjonet**, ingénieur civil, 59, rue des Vennes, Liège (Belgique).
- Gigot** (Albert), administrateur-directeur des Mines d'Alais, 85, rue de la Pompe, Paris-Passy.
- Gillon** (Auguste), professeur à l'Ecole des Mines de Liège, 27, avenue Rogier, à Liège (Belgique).
- Glaenger H. et Perreaud**, ingénieurs 1, avenue de la République, Paris.
- Godchaux** (Georges), ingénieur civil, 10, rue de l'Association, Bruxelles (Belgique).
- Godin** (Oscar), ingénieur des mines, 23, place de Bronckart, Liège.
- Gonnet** (Henri), ingénieur à la Compagnie des Mines de Nœux, Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Gorcy** (Société Métallurgique de), à Gorcy (Meurthe-et-Moselle).

- Gouin** (Frédéric), Valdelamusa, Huelva (Espagne).
- Gouldie** (Joseph), the Gill Bromfield, Brayton, S. O., Cumberland (Angleterre).
- Goumoens** (Georges de), Lonay, près Morges (Suisse).
- Gounot** (Alfred), ingénieur-conseil des Mines, 17, rue de la Terrasse, Paris.
- Gouvy** (Félix), maître de forges, Dieulouard (Meurthe-et-Moselle).
- Graillet** (Léonard), ingénieur en chef des Etudes, Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Grand'Eury**, professeur honoraire à l'Ecole des Mines, 5, cours Victor-Hugo, Saint-Etienne (Loire).
- Grangier** (Etienne), ingénieur des Mines, 86, avenue de Villiers, Paris.
- Graussaud** (Paul), chef de service des Hauts-Fourneaux de La Lemeza, La Lemeza, poste Archangelsk, Gouvernement d'Oufa (Russie).
- Graves** (H.-G.), 5, Robert Street Adelphie, London (Angleterre).
- Greiner** (Emile), Mariemont (Belgique).
- Grobot** (G.), Lorette (Loire).
- Gromier** (Georges), directeur de la Société de Penarroya, Penarroya, province de Cordoue (Espagne).
- Grosfils** (Alfred), ingénieur, directeur de Charbonnages, Fontaine-l'Évêque, province de Hainaut (Belgique).
- Grube**, Dusseldorf (Allemagne).
- Gruner** (E.), secrétaire du Comité central des Houillères de France, secrétaire général du Congrès des Mines et de la Métallurgie, 6, rue Férou, Paris.
- Guerin** (René), 7, rue d'Enghien, Paris.
- Guerreau** (Auguste), ingénieur des Mines, 4, rue de Lorraine, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Guerre**, ingénieur divisionnaire, Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Guilhaumat** (Jules), 129, avenue du Roule, Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Guilleaume** (Emile), Mulheim am Rhein (Allemagne).
- Guilleaume** (Théodore), Mulheim am Rhein (Allemagne).
- Guilleaume** (Max), Cologne (Allemagne).
- Guillemin-Tarayre** (Ed.), ingénieur civil des Mines 17, rue Gutenberg, Boulogne-sur-Seine (Seine).
- Guillemot** (André), ingénieur civil des Mines de la Compagnie de Châtillon-Commentry, Montluçon (Allier).

Gulliot (François), ingénieur aux Forges de l'Horme, 8, rue Victor-Hugo, Lyon (Rhône).

Guinamard (Claude), ingénieur, Bauvin (Nord).

Gunthersberger (Josef), ingénieur, Tschausch (Bohême).

H

Habershon (Matthew), 26, Newbould Lane, Sheffield (Angleterre).

Habets (Alfred), professeur à l'Université de Liège, 4, rue Paul Devaux, Liège (Belgique).

Habets (Marcel), ingénieur en chef du Service des Mines de la Société Cockerill, 69, quai des Carmes, Jemeppe-sur-Meuse (Belgique).

Habets (Paul), directeur-gérant des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, professeur à l'Université de Bruxelles, avenue Blonden, 17, Liège (Belgique).

Haedicke (Hermann), Kgl. Fäschuledirektor, Remscheid (Allemagne).

Haggen (E.-A.), Mining Engineer, Golden (British Columbia).

Halleux (Armand), 5, rue Jouniaux, Bruxelles (Belgique).

Hanarte (Gustave), ingénieur civil des Mines, ancien Président du Tribunal de Commerce, 17, rue de Bertaimont, Mons (Belgique).

Hanoteau, ingénieur des Arts et Manufactures, 58, boulevard Voltaire, Paris.

Hansel (François-Alex.), Société française de Saintignon et Cie, Saulnes (Meurthe-et-Moselle).

Hardt (J.-P.), ingénieur, directeur-gérant, Rodange (Grand-Duché de Luxembourg).

Hardwick (Francis-W.), University College, Sheffield (Angleterre).

Harmegnies, ingénieur, 3, boulevard Delebecque, Douai (Nord).

Harmet (Henri), 17, place Marengo, Saint-Etienne (Loire).

Hartshorne (Joseph), Stowe, Pennsylvania (Etats-Unis).

Harveng (Jules d'), 15, rue Hennet, Liège (Belgique).

Harzé, directeur général des Mines de Belgique, 213, rue de la Loi, Bruxelles (Belgique).

Hasselblatt (Alex.), gérant de l'usine de La Lemeza, à La Lemeza, poste Archangelsk, gouvernement d'Oufa (Russie).

Havard-Duclos (Théophile), ingénieur civil des Mines, Douvrin (Pas-de-Calais).

- Hazard** (M. le Directeur des Charbonnages du), Micheroux (Belgique).
- Heikes** (Victor-C.), attaché au Commissariat général des Etats-Unis, 20, avenue Rapp, Paris.
- Héllot**, directeur des Mines de Buxières, Buxières-les-Mines (Allier).
- Hennecart**, 9, rue Sainte-Cécile, Paris.
- Henricot** (Emile), industriel, Court-Saint-Etienne (Belgique).
- Henrlon** (I.), ingénieur, chef de Service aux Aciéries d'Alexandrowsky, Section Ladoga, Celo-Alexandrowskoje, Saint-Pétersbourg (Russie).
- Hepplewhite** (W.-H.), inspector of Mines, Bleinheim Mount, Street-Amis-Hill, Nottingham (England).
- Hermery** (Jules), ingénieur, Barlin (Pas-de-Calais).
- Herpin** (Henri), ingénieur des Arts et Manufactures, 80, boulevard Magenta, Paris.
- Housseux** (Léopold), directeur-gérant des charbonnages de Courcelles-Nord, Courcelles (Belgique).
- Heusschen** (Ernest-J.), 319, chemin des Aqueducs, Alger-Mustapha (Algérie).
- Heyrowsky** (Emil), ingénieur des Mines et de la Métallurgie, Nussdorferstrasse, 8, Vienne IX (Autriche).
- Hiard** (Léon), administrateur directeur de la Compagnie centrale de Construction, Haine-Saint-Pierre (Belgique).
- Hloguet** (Hermant), Haumont (Nord).
- Hicquet** (Vital), directeur de la Société anonyme du comptoir des Tôles et Larges Plats et du Comptoir des Ressorts de Carrosserie, 80, rue Taitbout, Paris.
- Hock** (Octave), directeur de la Société russe de fabrication de Tubes, Ekaterinoslaw (Russie).
- Hofer** (Hans), bergingenieur, Ossegg (Bohême).
- Hohenegger** (Adolf.), directeur de toutes les forges de l'archiduc Frédéric, Teschen, Silésie (Autriche).
- Holliday** (Roslyn), Ackton Hall, Colliery, Pontefract (Angleterre).
- Hosoi** (Yuwaya), ingénieur au Ministère de l'Agriculture et du Commerce du Japon, 127, rue de la Pompe, Paris.
- Huard de la Marre** (Gustave), ingénieur aux Mines de Firminy, La Malafolie, par Le Chambon (Loire).
- Hubert** (Herman), ingénieur en chef des Mines, 66, rue Fabry, à Liège (Belgique).
- Hugot** fils (Adolphe), attaché à la direction de la Société des Aciéries et Forges de Firminy, à Firminy (Loire).

Huillier (Fernand), 17, rue Legendre, Paris.

Hulster (Alfred de), Roanne (Loire).

Hulster (Désiré de), entrepreneur de sondages, à Crespin (Nord).

Humbiot (Fernand), 11, rue Michel-Ange, Paris.

Huth (Paul), ingénieur civil, Kaiserstrasse, 84, Essen a. d. Ruhr (Allemagne).

Huttemann (Gottfried), Bergdirector, Brux (Bohême).

I

Imbert de Vanoy, ingénieur, 53, rue d'Auteuil, Paris.

Imperator (Luigi), Via Leopardi, Milan (Italie).

Ingersoll Sergeant Drill Cy, Havemeyer Building, 26, Cortland Street, New-York (Etats-Unis).

Ingénieurs et Industriels belges (Société des), 11, rue Ravetein, Bruxelles (Belgique).

Ingold, ingénieur, W. Cook, à Sheffield (Angleterre).

Ireglown (W.), The Ingersoll Sergeant Drill Co, 114, Queen Victoria Street, London E. C. (England).

Isaac (Isaac), directeur de charbonnages, Frameries (Belgique).

J

Jaer (Ernest de), 22, rue de la Chaussée, Mons (Belgique).

Jamme (Henri), directeur des Mines de la Vieille-Montagne, Bensberg (Prusse rhénane).

Janet (Léon), ingénieur au Corps des Mines, 87, boulevard Saint-Michel, Paris.

Jannettaz (Paul), ingénieur, répétiteur à l'Ecole Centrale, 68, rue Claude-Bernard, Paris.

Javal, 14, rue de Logelbach, Paris.

Javaux (Emile-J.), administrateur de la Société Gramme, 33, rue Clavel, Paris.

Jeans (Stephen-I.), 165, Strand, London W. C. (England).

Jegoroff (Paul), ingénieur, station Tosna, chemin de fer Nicolas (Russie).

Joannis (Henri de), Directeur, Mertzwiller (Alsace).

Jourdan (Ulysse), ingénieur principal, Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).

K

- Kaufman** (Ch.), 10 et 11, 'Austin Friars, London E. C. (England).
- Kebler** (Julian), Denver, Colorado (Etats-Unis).
- Kehren**, ingénieur, 101, Grande-Rue, Strasbourg (Alsace).
- Keller** (Jean-Antoine), 2, rue de Commaille, Paris.
- Kindt** (Léon), ingénieur, 102, rue Defacqz, Bruxelles (Belgique).
- Kirchhoff**, 232, William Street, New-York (Etats-Unis).
- Kirdorf** (Emil), Rheinelbe bei Gelsenkirchen (Allemagne).
- Kisielewski** (Antoine), ingénieur civil des Mines, 3, rue Léonie, Paris.
- Klewitz** (Georges), ingénieur en chef, Petrkowitz, Kreiss Ratibor Oberschlesien (Allemagne).
- Klier** (Rudolf), Bergingénieur, Lazy (Silésie Autrichienne).
- Knothe**, Gorlovka, Gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie).
- Koberz** (Léopold), K. K. Oberbergcomissair, K. K. Ackerbau ministerium, Wien (Autriche).
- Kolb-Bernard**, ingénieur, 7 bis, rue Borghèse, Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Komaroff**, Novoderevenskaja, 7, Saint-Pétersbourg (Russie).
- Konchine** (Nicolas), Oufa (Russie).
- Kondratowicz** (Jérôme), directeur des Houillères, Sosnowice, Mines Saturne (Pologne Russe).
- Kopiloff** (Boris), ingénieur des mines, Usine Kassli, Gouvernement de Perm (Russie).
- Korda** (Désiré), ingénieur, chef du Service électrique de la Compagnie de Fives-Lille, administrateur-délégué de la Compagnie Générale d'électro-chimie, 68, rue Caumartin, Paris.
- Kotarski** (Sigismond de), ingénieur, 22, Petite Morskaia, Saint-Pétersbourg (Russie).
- Kotzowski**, professeur à l'Institut des Mines, à Saint-Pétersbourg.
- Kournakow** (N.), professeur à l'Institut des Mines, à Saint-Pétersbourg (Russie).
- Kousnetzow** (Serge), professeur à l'Académie impériale des Mines, Saint-Pétersbourg (Russie).
- Krabler**, Bergrath, President der Knappschafts Berufsgenossenschaft Altenessen (Allemagne).
- Kraft** (Frédéric), ingénieur à la Société Cockerill, Seraing (Belgique).

- Krahmann** (Max.), Bergingenieur, Weidendamm, 1, Berlin, N. W. (Allemagne).
- Kreuser** (Emil), Bergwerks-Director, Mechernich (Prusse Rhénane).
- Kumps** (Gustave), ingénieur en chef honoraire des Ponts-et-Chaussées, 88, rue du Prince-Royal, Bruxelles (Belgique).
- Kunz** (Georges-Frédéric), 36 bis, Avenue de l'Opéra, Paris.
- Kupelwieser**, Léoben (Autriche).
- Kuppfer** (Max), Forges et Aciéries d'Ekaterinoslaw, Ekaterinoslaw (Russie).
- Kuss**, ingénieur en chef des Mines, 10, rue Copernic, Douai (Nord).
- Kutschka** (Hans), Donawitz, Styrie (Autriche).

L

- Lachaume** (Louis), ingénieur civil des Mines, 12, rue du Faubourg-Saint-Denis, Paris.
- Lacour**, ingénieur civil des Mines, 60, rue Ampère, Paris.
- Lafleur** (René), ingénieur, Puertollano (Espagne).
- Laforgue**, ingénieur, 19, rue Pomereu, Paris.
- Lagoutte** (Henri), ingénieur divisionnaire aux Mines de Blanzay, Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- La Grange** (Louis, baron de), 46, rue Copernic, Paris.
- Lallement** (H.), ingénieur civil des Mines, 16, rue Tanton-Béchefer, à Charleville (Ardennes).
- Lamarche** (Louis), 3, villa Mozart, Paris.
- Lambert**, secrétaire du Conseil d'Administration des Mines de Graissessac, Montpellier (Hérault).
- Lamberton** (E.), ingénieur aux Fonderies de Niederbronn, Niederbronn (Alsace).
- Lamoureux** (E.), ingénieur-métallurgiste à la Société de Vezin-Aulnoye, Homécourt-Joeuf (Meurthe-et-Moselle).
- Lancesseur** (Edmond), ingénieur-conseil, 22 bis, rue Maladrerie, Rouen (Seine-Inférieure).
- Lançon**, ingénieur, Fumel (Lot-et-Garonne).
- Landrivo**n (Antoine), ingénieur civil des Mines, à Firminy (Loire).
- Langer** (Robert), Usines Franco-Russes, Quai Karabelnaia, 2, Saint-Pétersbourg (Russie).

- Langlade** (Barbary de), ingénieur civil des Mines, 2, place Richelieu, Bordeaux (Gironde).
- Lantrac** (E.-A.), 64, rue Caumartin, Paris.
- Lapostollet**, ingénieur aux Mines de Carmaux, 35, rue Pasquier, Paris.
- Laran** (Amédée), directeur de la Société Hulleras del Bernesga, Apartado, 8, Léon (Espagne).
- Largillier** (Henri), Valdelamusa, Huelva (Espagne).
- Larivière** (Pierre), 164, quai Jemmapes, Paris.
- Latinis** (Victor), directeur des Usines de Donetz-Jouriefka, à Jouriefka, Gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie).
- Laue** (W.), directeur général, 3, Lutzowplatz, Berlin W. (Allemagne).
- Laurans** (Albert), ingénieur en chef des Mines, 9, rue d'Astorg, Paris.
- Lauras** (Xavier), ingénieur civil des Mines, 2, avenue de Villars, Paris.
- Laureau**, Honorary Metallurgist of the Department of Mining Metallurgy for the Commissioner General of the U. S. 60, Washington Square, New-York.
- Laurent** (Auguste), directeur des Mines d'Alzen, à La Bastide de Sérou (Ariège).
- Laurium** (Compagnie Française des Mines du), 27, rue Laffite, Paris.
- Lavaurs** (A.), directeur des Mines de Courrières, Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Lavergne** (Gérard), ingénieur civil des Mines, 19, quai de la Fontaine, Nîmes (Gard).
- Lavigne**, ingénieur, Grand'Combe (Gard).
- Leach** (C.-C.), Seghill Colliery, Northumberland (England).
- Leach** (Mrs), Seghill Colliery, Northumberland (England).
- Le Blant**, chef du Service des réceptions, Compagnie de l'Est, 168, rue Lafayette, Paris.
- Lebrun** (A.), ingénieur au Corps des Mines, 7, place Saint-Jean, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Lebrun** (Bruno), ingénieur-conseil mécanicien, Nimy, (Belgique).
- Le Chatelier** (Henri), ingénieur en chef au Corps des Mines, 85, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris.
- Ledoux** (Charles), 250, boulevard Saint-Germain, Paris.
- Ledoux** (Frédéric), ingénieur civil des Mines, 12, place Vendôme, Paris.

- Lefèvre** (Louis-Emile), ingénieur, 33, rue Meurein, Lille (Nord).
- Lefèvre-Pontalis**, président des Mines de la Loire, 3, rue Montalivet, Paris.
- Legrand** (Louis), ingénieur, directeur des Mines de l'Horcajo-Veredas, Ciudad-Réal (Espagne).
- Legrand** (Louis), ingénieur en chef des Charbonnages réunis, 58, rue Rotou, Charleroi (Belgique).
- Le Henaff** (Henri), 42, rue de la Préfecture, Saint-Etienne (Loire).
- Lehman** (Armand), Oberingenieur, Brux (Bohême).
- Lejeune** (A.), ingénieur honoraire des Mines, 39, rue de la Bienfaisance, Bruxelles (Belgique).
- Lemay** (Paul), ingénieur-gérant des Mines d'Aniche, à Aniche (Nord).
- Lemière** (Léonce), ingénieur principal aux Mines de Montvicq, Montvicq (Allier).
- Lemoine** (Georges), Membre de l'Institut, professeur de chimie à l'Ecole Polytechnique, 76, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris.
- Lemoine** (Edmond), directeur des Forges de Paris (Aciéries de France), 29, quai de Grenelle, Paris.
- Lemonnier** (Paul), ingénieur de la Société des Aciéries de Longwy, 80, rue Taitbout, Paris.
- Lenclud** (Emile), Forges du Clos-Mortier, près Saint-Dizier (Haute-Marne).
- Le Neve Foster** (Clément), inspecteur des Mines et professeur à l'Ecole des Mines de Londres, Llandudno, Pays de Galles (Grande-Bretagne).
- Lenicque** (Henri), ingénieur civil, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.
- Lenoir** (Charles), administrateur délégué des Mines du Louron, à Adrevielle (Hautes-Pyrénées).
- Léon** (Alfred), Calla Claudio Coello, 17, Madrid (Espagne).
- Léon** (G.), ingénieur des Mines, Valenciennes (Nord).
- Lepage** (H.), ingénieur chez M. Isidore Jaspar, à Statte (Belgique).
- Lepersonne** (Henri), 8, boulevard Frère-Orban, Liège (Belgique).
- Lequin**, directeur général des Usines de la Compagnie de Saint-Gobain, 94, rue Jouffroy, Paris.
- Lequin**, élève à l'Ecole des Mines, 94, rue Jouffroy, Paris.
- Leseure** (Ernest), 21, rue Gambetta, Saint-Etienne (Loire).

- L'Espagnol de la Tramerye**, 10 bis, rue Paul-Baudry, Paris.
- Lespinats** (V. de), 27, rue Victor-Hugo, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Levat** (David), ingénieur civil des Mines, 174, boulevard Malesherbes, Paris.
- Levavasseur** (Alphonse), ingénieur, 48, rue Henri-Kolb, Lille (Nord).
- Lévêque** (Joseph), 153, rue Jourdan, Bruxelles (Belgique).
- Levif** (Charles), Bézenet (Allier).
- Levoz** (Toussaint), industriel, Namèche-sur-Meuse (Belgique).
- Lewis** (Sir William), civil engineer, Cardiff, South-Wales (England).
- Lévy** (Charles), directeur des Houillères de Saint-Eloy-les-Mines (Puy-de-Dôme).
- Lévy** (Joseph), ingénieur administrateur de Mines, 103, boulevard Malherbes, Paris.
- Lévy** (Paul), ingénieur, 34, boulevard Frère-Orban, Liège (Belgique).
- Leybold**, Oberberggrath, Dortmund (Allemagne).
- Lezaack** (Lionel de), 4, rue Giroflée, Anvers (Belgique).
- L'Hoir** (G.), ingénieur, à Hornu (Belgique).
- Lhomme** (Paul-Emile), 175, rue Saint-Honoré, Paris.
- Lhullier**, ingénieur, à la Compagnie de l'Ouest, rue de Rome, 44, Paris.
- Libert** (Joseph), ingénieur en chef des Mines, Namur (Belgique).
- Lindner**, Director, berggrat, Dortmund, Westphalie (Allemagne).
- Lippman** (Eugène), ingénieur, 47, rue de Chabrol, Paris.
- Lippman** (Edouard), ingénieur, 47, rue de Chabrol, Paris.
- Lodin** (Arthur), ingénieur en chef des Mines, 16, rue Desbordes-Valmore, Paris.
- Londgen** (John-Alfred), Stanton by Dale, Nottingham (Angleterre).
- Longden** (Geoffrey-Appleby), Stanton by Dale, Nottingham (Angleterre).
- Londgen** (Alfred-Henri), Stanton by Dale, Nottingham (Angleterre).
- Lorleux**, inspecteur général des Mines, 45, rue Galilée, Paris.
- Louis** (Henri), professor, 9, Summerhill Terrace, Newcastle-on-Tyne (England).
- Lozé** (Edmond), 38, rue des Capucins, Arras (Pas-de-Calais).
- Lucan** (Friedrich), Bankdirector, Königsplatz, Düsseldorf (Allemagne).

Luc, ingénieur, 10, rue des Marans, Mâcon (Saône-et-Loire).

Luuyt, ingénieur des Mines, 9, Avenue de l'Opéra, Paris.

Lyon (Max), ingénieur, président de la Compagnie des Mines de cuivre de Catémon, 83, avenue du Bois de Boulogne, Paris.

M

Machavoine, 10, avenue des Marronniers, Asnières (Seine).

Macnutt (C.-H.), Mining Engineer, Compania Huanchaca de Bolivia, Pulacayo, Bolivie (Amérique du Sud).

Macquet (Auguste), directeur de l'Ecole des Mines à Mons (Belgique).

Magery (Jules), ancien directeur de Rothe-Erde, villa Saint-Pierre, Namur (Belgique).

Magery (Maurice), ingénieur en chef de Rothe-Erde, à Rothe-Erde, près d'Aix-la-Chapelle (Allemagne).

Maggiar (Octave), administrateur-délégué des Mines du Laurium, 27, rue Laffite, Paris.

Magnard (Emile), Fourchambault (Nièvre).

Mahler (Pierre). 35, avenue Mac-Mahon, Paris.

Majer de Lewalt (R.), directeur de la Division de Nancy de la Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, Jarville (Meurthe-et-Moselle).

Malatray, ingénieur en chef des Mines de Béthune, à Bully-Grenay (Pas-de-Calais).

Malcomsom (James-W.), Apartado 13, Chihuahua (Mexico).

Malengreau (Oscar), 9, avenue du Pont (anciennement, 20, rue Tassau-Suel), Bruxelles (Belgique).

Malissart (C.), directeur de la Société d'Escaut et Meuse, Anzin (Nord).

Malissart-Taza, ingénieur-constructeur, Anzin (Nord).

Mallet (Jacques), 8, rue Mi-Carême, Saint-Etienne (Loire).

Malot, chef du Service des Combustibles des Chemins de fer du Nord, 12, rue de L'Eperon, Paris.

Malplat (Charles), ingénieur divisionnaire des Mines de Rochela-Molière et Firminy, Chambon-Feugerolles (Loire).

Maneuvrler (Edouard), directeur général de la Société des Mines et Usines de la Vieille-Montagne, 19, rue Richer, Paris.

Mantrez, 3, rue Sala, Lyon (Rhône).

Manigler (Stéphane), 175, rue du Faubourg-Poissonnière, Paris.

- Marchand** (Alexandre), ingénieur en chef du Service commercial de la Compagnie des Mines de Béthune, Bully-Grenay (Pas-de-Calais).
- Marljon**, ingénieur, administrateur-directeur de la Société Métallurgique et Minière des Cévennes, 56, rue de Londres, Paris.
- Marles** (Compagnie des Mines de), M. F. Rainbeaux, 7, rue Paul-Baudry, Paris.
- Marneffe** (Albert de), ingénieur à Rumelange (Grand Duché de Luxembourg).
- Maroquin** (Alfred), ingénieur, 258, rue Rogier, Bruxelles (Belgique).
- Mar** (Paul), secrétaire général des Mines de Campagnac, 11, boulevard Saint-Martin, Paris.
- Marsaut** (J.-B.), ingénieur en chef des Mines de Bessèges, Bessèges (Gard).
- Martenot** (Auguste), administrateur de la Compagnie des Forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons, château des Forges à Commentry (Allier).
- Martin** (Docteur Alf.) Under den Linden, 8, Berlin W. (Allemagne).
- Martin** (Xavier), ingénieur aux Mines de Blanz, Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Masson** (Arthur), directeur des Mines de Drocourt, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Masson** (Louis), contrôleur des Mines, à Béthune (Pas-de-Calais).
- Matheron** (Eugène), directeur des Mines de la Bouble, Saint-Eloy (Puy-de-Dôme).
- Matheron** (J.-C.), délégué du Conseil d'Administration des Houillères de Dombrowa, Dombrowa (Pologne russe).
- Mathet** (F.), 6, rue Michel-Ange, Paris.
- Mathevon** (Henry), ingénieur principal, Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Maudet-Deneubourg** (Léon-G.), ingénieur, directeur de la Société Minière Anversoise et des Mines de Bracal Estarreja, Bracal Estarreja (Portugal).
- Maureau** (Jules), administrateur-directeur de la Compagnie des Mines de Lalle, à Bessèges (Gard).
- Maurice** (Paul), ingénieur civil, ancien élève de l'Ecole polytechnique, 8, rue Buisson, Saint-Etienne (Loire).
- Maussier**, ingénieur à Saint-Galmier (Loire).
- Max** (Maurice), ingénieur des Mines, 29, rue d'Artois, Paris.

Mayrisch (Paul), directeur de la Société anonyme des Hauts-Fourneaux et Forges de Dudelange, à Dudelange (Grand Duché de Luxembourg).

Mazodier (Joseph), ingénieur principal des Mines de La Grand'Combe, à la Grand'Combe (Gard).

Mechin, ingénieur aux Mines de Dourges, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).

Meeus (J.), directeur du *Moniteur Industriel*, 36, rue de la Bourse, Bruxelles (Belgique).

Menu (Pierre), ingénieur, directeur des Mines de La Chapelle-sous-Dun, La Chapelle-sous-Dun (Saône-et-Loire).

Mercler (Joseph), ingénieur, directeur des Mines de Tiercelet, Thil-Villerupt (Meurthe-et-Moselle).

Mercler, ingénieur, maison Galland, Châlon-sur-Saône (Saône-et-Loire).

Mercier, directeur général des Mines de Béthune, à Mazingarbe (Pas-de-Calais).

Merillé (André), ingénieur civil, 11, rue des Jardins, Saint-Etienne (Loire).

Merlo (Giovani), sous-directeur des Mines de la Société anonyme de Malfidano, Iglesias (Sardaigne).

Mesuré (Charles), directeur des Forges de Saint-Jacques, Montluçon (Allier).

Métaux (Compagnie française des), M. Vésier, président, 10, rue Volney, Paris.

Métayer, ingénieur aux Forges de Denain, 4, rue Mogador prolongée, Paris.

Mettrier, ingénieur au Corps des Mines, Montpellier (Hérault).

Meyer (Henri), 10, rue de Commines, Paris.

Meyer (Louis), 78, rue d'Anjou, Paris.

Meyer (Jean), directeur, Pompey (Meurthe-et-Moselle).

Meyjes (Antony-C.), Editor of the *Iron monger*, 42, Cannon Street, London E. C. (Angleterre).

Michaelsson (Florencio), vice-président du Conseil général des Ingénieurs, 213, Calle Andes, Montevideo (Uruguay).

Michalowski, ingénieur en chef des Mines de la Loire, 27, cours Victor-Hugo, Saint-Etienne (Loire).

Michel (Charles), directeur de la Société française des Phosphates, Tebessa (Algérie).

Mignot (André), ingénieur en chef à la Société des Aciéries de France, villa Montmorency, 4, avenue des Tilleuls, Paris.

Mines d'Or et d'exploration (Compagnie française des), 20, rue Taitbout, Paris.

- Mirc** (Pierre), ingénieur, 42, rue Beaujon, Paris.
- Miron** (François), ingénieur, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.
- Mitlinsky** (A.), professeur à l'Institut des Mines de Saint-Petersbourg (Russie).
- Mittelviehhaus Gewerke**, Recklinghausen, Westphalie (Allemagne).
- Moïse**, 49, rue La Bruyère, Paris.
- Moissenet** (Léon), inspecteur général honoraire des Mines, 4, boulevard Gambetta, Chaumont (Haute-Marne).
- Monteflore** (Raoul), ingénieur, 64, rue de Facqz, Bruxelles (Belgique).
- Monteiro** (Severiano), professeur à l'Institut industriel de Lisbonne (Portugal).
- Montgolfier** (Henry de), ingénieur principal des Forges et Acieries de la Marine, à Saint-Chamond (Loire).
- Montricher** (de), ingénieur civil des Mines, 7, rue Grignan, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Morard** (Paul), ingénieur aux Hauts-Fourneaux de la Chiers, Longwy-Bas (Meurthe-et-Moselle).
- Morau** (Vital), directeur-gérant, Montceau-sur-Sambre (Belgique).
- Morgues** (de), ingénieur en chef des mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Moulin** (Louis), ingénieur, Mines de La Taupe, par Sainte-Florine (Haute-Loire).
- Mouille** (Adrien), 24, rue d'Aumale, Paris.
- Mouroz** (Léonce), gérant de l'usine de Avzianopetrowsk, Avzianopetrowsk, Gouvernement d'Orenbourg (Russie).
- Muguet** (Claude), ingénieur, directeur des Usines d'Urikany, Lupény (Hongrie).
- Muller** (Hubert), maître de Forges, Esch am dem Alzette (Grand Duché de Luxembourg).
- Munzeshelmer**, directeur, Gelsenkirchen, Westphalie (Allemagne).
- Muser** (Robert), directeur général des Mines de Harpen, Kuhstrasse, 5, Dortmund (Allemagne).
- Mussy**, ingénieur en chef des Mines, 10, rue de Laborde, Paris.

N

- Naissant** (Charles), inspecteur des Machines et du Matériel aux Mines de Lens, à Lens (Pas-de-Calais).
- Navay** (Jules de), conseiller royal des Mines, 23, rue de Josef, Budapest (Hongrie).
- Navez** (Alfred), directeur-gérant des Charbonnages du Poirier, Montigny-sur-Sambre (Belgique).
- Nervo** (Léon de), 73, rue de Courcelles, Paris.
- Neu** (Lucien), 58, rue Brûle-Maison, Lille (Nord).
- Neuburger** (Otto), directeur des Mines, Bleiberg, près de Villach, Carinthie (Autriche).
- Neufville** (Henri de), 6, rue Halévy, Paris.
- Nicolet** (Joseph), La Chaléassière, par Saint-Etienne (Loire).
- Nivolt** (Edmond), 4, rue de la Planche, Paris.
- Nony**, ingénieur civil des Mines, 86, rue Sylvabelle, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Nugue**, ingénieur aux Ateliers Pinette, Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).

O

- O'Connell** (James), Coal Exchange Coal and Iron, London E. C. (Angleterre).
- Ogawa** (Jakudji), membre du Jury international, 8, rue Gustave-Courbet, Paris.
- Ohdatchi** (G.), mécanicien en chef de la Marine japonaise, 44, boulevard des Invalides, Paris.
- Ollivier** (H.), ingénieur, directeur aux Mines de Gagnières, Gagnières (Gard).
- Ollagnier** (Claudius), chef de service aux Aciéries de Firminy, à Firminy (Loire).
- Oppermann**, ingénieur en chef des Mines, 31, rue Montgrand, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- O'Shea** (Lucius-Frant), University-College, Sheffield (Angleterre).
- Ourbanowitch** (Eliodore), 6, Kaznatcheiskaïa, Saint-Petersbourg (Russie).

P

- Packard** (George-A.), 18, Lafayette Street, Wakefield, Mass. (Etats-Unis).
- Panse** (Paul), ingénieur, Bordezac, par Bessèges (Gard).
- Paquot** (P.), président de la Compagnie de Bleyberg, Bleyberg (Belgique).
- Paquot** (Rémy), Bleyberg-Montzen (Belgique).
- Paraf** (Emile), 3, rue des Mathurins, Paris.
- Paris-Lyon-Méditerranée** (Compagnie), M. l'Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction (représenté par M. Wanderingheim), 20, boulevard Diderot, Paris.
- Parkin** (John), Blaithwaite, Carlisle (Angleterre).
- Parkin** (Thomas), Blaithwaite, Carlisle (Angleterre).
- Pasquet** (Henri), ingénieur divisionnaire aux Mines de Rochella-Molière et Firminy, à Firminy (Loire).
- Pasquier** (Lucien), ingénieur de la Société des Hauts-Fourneaux de Maubeuge, à Maubeuge (Nord).
- Pasteur** (Edouard), président de la Société des Forges et Aciéries du Donetz, 56, rue Saint-Didier, Paris.
- Paterson** (A.-G.), Care J. P. Jones Esq., 216, Upper Thames Street, London (Angleterre).
- Pautinski** (Stanislas), Malaya Dinitrovka, 20, Moscou (Russie).
- Peake**, président of the Institution of Mining Engineers, Walsall Wood Colliery, Walsall (Grande-Bretagne).
- Péchiney** (A.-R.), Salindres (Gard).
- Pélabou** (Constant), ingénieur aux Mines d'Anzin, 53, avenue Dampierri, Anzin (Nord).
- Pélatan** (Louis-Auguste), 27, avenue de la Grande-Armée, Paris.
- Pellati** (Nicolo) (Le Commandeur), inspecteur général, chef du Corps des Mines d'Italie, 96, place de Claudio, Rome (Italie).
- Pellé**, ingénieur en chef des Mines, 4, rue Bara, Paris.
- Pellissier**, directeur des Mines de Bert, à Bert, par le Donjon (Allier).
- Pellissier-Tanon**, 21, rue Victor-Massé, Paris.
- Peny** (Edmond), ingénieur, Morlanwelz-Mariemont (Belgique).
- Perelli** (Guido), ingénieur en chef de l'Association des Propriétaires de chaudières à vapeur, Foro Bonaparte, 61, Milan (Italie).

Pérés, agent général des Mines de Carmaux, à Carmaux (Tarn).

Périssé (Sylvain), ingénieur-expert, 67, rue d'Amsterdam, Paris.

Pérutz (Ernest), ingénieur, Teplitz, Bohême (Autriche).

Peslin, inspecteur général des mines, 21, avenue Marceau, Paris.

Pétersson (Elias), ingénieur, 32, avenue de la Couronne, Bruxelles (Belgique).

Petitjean, ingénieur civil des Mines, 4, square Labruyère, Paris.

Petit (Joseph), ingénieur, Bruay (Pas-de-Calais).

Petit (Paul), ingénieur en chef des Houillères de Saint-Etienne, 5, place Paul-Bert, Saint-Etienne (Loire).

Petit (Paul), ingénieur, directeur des Houillères de Cessous, à Chamborigaud (Gard).

Petitot (A.), ingénieur-expert, 91, rue de Sèvres, Paris.

Picaud (Henri), ingénieur aux Aciéries et Forges de Firminy, 25, rue Nationale, Firminy (Loire).

Piélin (Georges), ingénieur civil des Mines, Imphy (Nièvre).

Pfaffinger (Rudolf), Oberbergcommissar, et Montansecretar, Nibelungengasse, 13, Wien I (Autriche).

Pieper (Hermann), Bochum, Westphalie (Allemagne).

Piéra (Eugène), ingénieur aux Mines de Lens, Vendin-le-Vieil (Pas-de-Calais).

Pierronne (Modeste), chef de service des Hauts-Fourneaux de la Société de Briansk, Ekaterinoslaw (Russie).

Pigeot, ingénieur, Mines de Montrambert, à La Ricamarie (Loire).

Pillez (Paul), 8, rue Victor-Massé, Paris.

Pinat (Charles), Allevard (Isère).

Pinel (Eugène), ingénieur, Vernusse, par Montmarault (Allier).

Pinette (Gustave), constructeur-mécanicien, Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).

Pineur (Oscar), ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées, 28, boulevard Anspach, Bruxelles (Belgique).

Piper (Edmond), 10, Damucstrasse, Ruhrort-am-Rhein (Allemagne).

Pirard (Albert), ingénieur, à Rumelange (Grand Duché de Luxembourg).

Pirard (Joseph), ingénieur des Mines, Throoz-les-Liège (Belgique).

- Pistor**, colonel breveté d'Etat-Major, 14, rue Saint-Dominique, Paris.
- Place** (de), directeur des Mines de Rochebelle, à Alais (Gard).
- Planchard**, ingénieur civil des Mines de Bouquiès, à Decazeville (Aveyron).
- Planche** (Jules), directeur de la Société des Forges de Montataire, 33, rue d'Amsterdam, Paris.
- Pilchon** (Maxime), ingénieur civil, 56, rue de Lourmel, Paris.
- Pilchon**, député, 35, avenue de Breteuil, Paris.
- Plumier** (Charles), directeur général de la Société de l'Industrie houillère de la Russie méridionale, Gorlowka, gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie).
- Poëch** (François), conseiller supérieur des Mines, au Commissariat général autrichien, 15, avenue d'Antin, Paris.
- Poëch** (Karl), Fernitz Nieder-Osterreich (Autriche).
- Polonceau** (Ernest), 55, rue de Verneuil, Paris.
- Poncelet** (Eugène), ingénieur, Kadiewa (Russie).
- Ponchez** (David), Générateurs Belleville, Saint-Denis (Seine).
- Pontgibaud** (Société des Mines et Fonderies de), 3, rue des Mathurins, Paris.
- Portier** (Paul), ingénieur, 24, rue de Beaumont, Valenciennes (Nord).
- Pougerolles** (Pierre), ingénieur aux Mines de Lens, à Wingles (Pas-de-Calais).
- Paulaine** (Eugène), Blaina, près Nantyglo (Monmouthshire), (Angleterre).
- Poumalrac**, ingénieur civil des Mines, directeur des Mines de Ferfay, à Auchel (Pas-de-Calais).
- Pourcel** (Alexandre), 2, Square du Roule, Paris.
- Poussigue**, ingénieur, directeur des Mines de Ronchamp, à Ronchamp (Haute-Saône).
- Prelon**, secrétaire général du Conseil d'administration de Denain-Anzin, 4, rue Mogador prolongée, Paris.
- Prat** (Louis-Emile), 51, rue Taitbout, Paris.
- Preissig** (Edouard), conseiller des Mines, 73, Vinohrady, Prague (Autriche).
- Primat** (Jean-Antoine), 5 bis, boulevard Gambetta, Grenoble (Isère).
- Prodhomme** (Henri), ingénieur, 25, rue du Beau-Site, Bruxelles (Belgique).
- Prokhorow** (Société anonyme des Charbonnages), Youzowka, gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie).

Prost (Aimé), directeur de la Compagnie de Gafsa, 60, rue de la Victoire, Paris.

Prudhomme (Jean), ingénieur en chef des Mines de Dourges, Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).

Putte (Van de), ingénieur des Mines, 114, avenue Victor-Hugo, Paris.

Q

Quellennec, ingénieur en chef de la Compagnie universelle du canal de Suez, 9, rue Charras, Paris.

R

Rainbeaux (Abel), 49, avenue du Bois de Boulogne, Paris.

Rameau (Henri), ingénieur civil des Mines, 9, rue des Capucines, Paris.

Randebrook, Bergassessor, Marten, Westphalie (Allemagne).

Raoul-Duval (René), 107, rue de la Pompe, Paris.

Raoult (Georges), 127, rue Louvren, Liège (Belgique).

Rateau (Auguste), ingénieur au Corps des Mines, 101, quai d'Orsay, Paris.

Ratelade (Raymond), ingénieur aux Houillères de Rochebelle, Rochebelle, par Alais (Gard).

Raty (Fernand), administrateur, directeur général de la Société des Hauts-Fourneaux de Maubeuge, Maubeuge (Nord).

Ravel (Jean), ingénieur, La Union, Province de Murcie (Espagne).

Recollin, directeur des Mines, à Sain-Bel (Rhône).

Renard (Léon), président des Mines de Vicoigne et Nœux, 75, rue Miromesnil, Paris.

Renéville (de), administrateur-gérant des mines de La Mure, 41, rue de l'Elysée, Grenoble (Isère).

Renlé, directeur des Houillères, au Grosménil, par Sainte-Florine (Haute-Loire).

Résimont (Alexandre), 75, rue des Eburons, Bruxelles (Belgique).

Résimont (Armand), administrateur-directeur de la Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, Valenciennes (Nord).

Retz (G. de), ingénieur répétiteur, 2 bis, square du Croisic, Paris.

Reumaux (Elie), Lens (Pas-de-Calais).

- Reymond** (G.), ingénieur des Arts et Manufactures, directeur des Mines de Nikitowka, à Gorlofska, gouvernement d'Ekaterinoslaw, district de Backmout (Russie méridionale).
- Reymond**, ingénieur civil, 12, place Fourneyron, Saint-Etienne (Loire).
- Riboud** (J.), directeur de l'usine Galland, Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Rich** (Franck-A.), Consulting Mining Engineer, Karangahake, Auckland (Nouvelle-Zélande).
- Ridley** (Norman-B.), 6, Harrison Place, Newcastle-on-Tyne (England).
- Rigo** (Eugène), ingénieur de la Société de Vezin-Aulnoye, Hautmont (Nord).
- Roblaud**, directeur des Mines de Dourges, Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Robinet** (Emile), ingénieur, Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Robins** (Thomas-J.), 13, Park Row, New-York City (Amérique).
- Robinson** (Sandorf), Steeple Rock, New Mexico (Etats-Unis).
- Roche-la-Mollère et Firminy** (Compagnie des Mines de), à Firminy (Loire).
- Rocher** (Emile), Pamiers (Ariège).
- Rochon** (Emile), ingénieur en chef des Mines de Valdonne, à Valdonne (Bouches-du-Rhône).
- Rocour** (Georges), 16, avenue Rogier, Liège (Belgique).
- Rodde**, ingénieur principal des Mines de Montrambert, La Ricamarie (Loire).
- Rodolinski** (Joseph), rue Bracka, 23, Log. 19, Varsovie (Pologne Russe).
- Rogowski** (Mathieu de), Krivoi-Rog, gouvernement de Kher-son (Russie).
- Rolland**, directeur des Forges de Douai, 3, rue Vignon, Paris.
- Rolland** (Georges), ingénieur en chef des Mines, 60, rue Pierre-Charron, Paris.
- Rondeau** (E), membre de la Chambre de Commerce de Maine-et-Loire, 8, rue du Cornet, Angers (Maine-et-Loire).
- Rondeleux** (Paul), Buxières-les-Mines (Allier).
- Rosambert** (Charles), chef du Service des Aciéries de France, Isbergues (Pas-de-Calais).
- Rosee** (Alfred de Jacquier de), ingénieur civil, 18, place de l'Industrie, Bruxelles (Belgique).
- Rothwell** (Richard), 253, Broadway, New-York (Etats-Unis).

Rouillot, président de la Chambre des Mines de la République sud-africaine, 34, boulevard Haussmann, Paris.

Roussot (du), directeur des Mines de la Loire, place Marengo, 2, Saint-Étienne (Loire).

Roussellier (Gustave), 11, rue de l'Arsenal, Marseille (Bouches-du-Rhône).

Routchenko (Alexandre de), Youzovka, gouvernement d'Ekatérinoslaw (Russie).

Routchenko (Nicolas de), bureau de poste Routchenkowo, gouvernement d'Ekatérinoslaw (Russie).

Routier (Gaston), délégué de la Société Normande de Géographie, 13, rue Voltaire, La Garenne-Colombes (Seine).

Rouville (de), directeur de la Compagnie universelle du canal de Suez, 9, rue Charras, Paris.

Roux (Etienne), ingénieur civil des Mines, directeur de l'usine de dynamite d'Ablon, Ablon, par la Rivière-Saint-Sauveur (Calvados).

Rouy (Georges), 3, rue Gounod, Paris.

Rucker (Antonin), Oberbergrath, Cavanagasse 7, Wien I (Autriche).

Ruckner (F.), Ustron, Silésie (Autriche).

S

Saconney (Jules), ingénieur aux Aciéries de Huta-Bankowa, Dombrowa (Pologne Russe).

Saemann (Hugo), directeur de l'Usine des Bondez, Delemont (Suisse).

Saglio (Camille), directeur de la Compagnie des Forges d'Audincourt, à Audincourt (Doubs).

Saint-Gobain (Direction générale des Usines de Produits chimiques de la Compagnie de), 9, rue Sainte-Cécile, Paris.

Sainte-Claire-Deville, administrateur délégué de la Société des Salines de l'Est, 19, rue de Téhéran, Paris.

Salanson (Alphonse), 23, rue d'Artois, Paris.

Saladin (Edouard), ingénieur principal des Mines Schneider et C^{ie}, Le Creusot (Saône-et-Loire).

Salathé, secrétaire général de la Société Minière et Métallurgique de Penarroya, 12, place Vendôme, Paris.

Saller (Alexander), ingénieur, Wierzbnik, Chemin de fer I. D., Iwangorod, Dombrowa (Russie).

Sangoy (Victor), directeur des Houillères de La Chazotte, La Chazotte (Loire).

- Sartori** (François), ingénieur, Mines de Monteponi (Sardaigne).
- Sauvet** (Gaëtan), ingénieur des Mines de Dourges, Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Schmerber** (H.), ingénieur des Arts et Manufactures, 96, boulevard Rochechouart, Paris.
- Schmidt**, ingénieur, 17, boulevard Haussmann, Paris.
- Schneider** (Paul), président des Mines de Douchy, 32, rue de la Ville-l'Évêque, Paris.
- Schoenawa** (Johannes), Wolklingen a. d. Saar, Rheinland (Allemagne).
- Schostal** (Dr Félix), Rechtsconsulent, Goldschmiedgasse, 6, Wien I (Autriche).
- Scheirber** (J.-O.), propriétaire de Mines, 30, Goltsteinstrasse, Dusseldorf (Allemagne).
- Schrödter** (Emil), Verein Deutscher Eisenhüttenbute, Dusseldorf (Allemagne).
- Schulte** (Edouard), Bergassessor, 18, Klosterstrasse, Dusseldorf (Allemagne).
- Schulte** (J.), industriel, Overpelt-les-Neerpélt, Limbourg (Belgique).
- Schultz** (Hugo), Geheimer Bergrat, Bochum (Allemagne).
- Sciopis** (Victor), ingénieur, Turin (Italie).
- Sébert** (général), membre de l'Institut, 14, rue Brémontier, Paris.
- Séchehaye** (Jacques), ingénieur des Etudes du Matériel fixe, Compagnie de l'Ouest, 49, rue de Londres, Paris.
- Sellerier** (Carlos), ingénieur des Mines, inspecteur général des Mines de la République Mexicaine, Secretaria de Fomento, Mexico (Mexique).
- Seller L.**, 14, rue Le Conte de Lisle, Paris.
- Sepaire** (Pierre), Motowilieka, gouvernement de Perm (Russie).
- Sépulchre** (Armand), ingénieur, directeur des Hauts-Fourneaux de Aulnoye, à Aulnoye (Nord).
- Sépulchre** (Augustin), Homécourt (Meurthe-et-Moselle).
- Sépulchre** (Joseph), directeur de la Société de Vezin-Aulnoye, Maxéville, près Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Sépulchre** (Félix), directeur des Mines et Aciéries de la Société de Vezin-Aulnoye, à Homécourt, (Meurthe-et-Moselle).
- Sépulchre** (Gustave), à Maubeuge (Nord).

- Sépulchre** (Victor), délégué du directeur général de Vezin-Aulnoye, 123, rue de Lille, Paris.
- Servais** (Emile), ingénieur, Luxembourg (Grand-Duché de Luxembourg).
- Sille**, ingénieur, directeur de la Compagnie de Flines-les-Raches, Raches (Nord).
- Simon** (Auguste), directeur des Mines de Liévin, à Liévin (Pas-de-Calais).
- Simon** (René), ingénieur, Rond-Point, Saint-Etienne (Loire).
- Simon**, ingénieur, directeur des Mines de Petite-Rosselle, Petite-Rosselle (Lorraine).
- Simont** (A.), administrateur de la Société des Forges de Clabecq, 30, rue des Drapiers, Bruxelles (Belgique).
- Singer** (Siegfried), 50, avenue du Bois de Boulogne, Paris.
- Slomka** (Anton) (chevalier de Habdank), directeur des Mines et Usines de Varès (Bosnie).
- Smith** (J.-W.), Manager E.-M., The Solway Process Co, Syracuse, N. Y. (Etats-Unis).
- Société Industrielle de Mulhouse**, Mulhouse (Allemagne).
- Solages** (marquis de), président des mines de Carmaux, 10, boulevard Latour-Maubourg, Paris.
- Sohler** (Antoine), ingénieur, directeur général de la Société anonyme des Charbonnages du Nord du Flénu, Ghlin-les-Mons (Belgique).
- Sohm** (Michel), ingénieur, Mines de Bruay (Pas-de-Calais).
- Sottiaux** (Amour), ingénieur, directeur de la Société anonyme des Charbonnages, Hauts-Fourneaux et Usines de Strepy-Bracquegnies, Strepy-Bracquegnies (Belgique).
- Soubelran**, 3, Square La Bruyère, Paris.
- Souheur** (Baudoin), directeur-gérant de la Société des Six Bonniers, Seraing (Belgique).
- Souliary** (Claudius), directeur des Mines de Ligny-les-Aire, Estrée-Blanche (Pas-de-Calais).
- Soupart** (Alfred), directeur-gérant de la Société des Charbonnages réunis, Charleroi (Belgique).
- Sovignet** (Joseph), directeur de la Compagnie des Hauts-Fourneaux de Chasse, Chasse (Isère).
- Springer** (Cornélis), directeur-gérant de la Société anonyme Maison Beer, Jemeppe-sur-Meuse (Belgique).
- Squiblin** (Henri), 8, avenue des Beaux-Arts, Anvers (Belgique).
- Stach** (Friedrich Ritter von), Wahringerstrasse, 3, Wien (Autriche).
- Stanck** (Rodolphe), ingénieur, directeur, Unzmarkt (Autriche).

- Standaert** (Léon), 12, rue Camille-Desmoulins, Paris.
- Stassart** (Simon), ingénieur des Mines, professeur d'Exploitation à l'Ecole des Mines, 4, boulevard Dolez, Mons (Belgique).
- Stegemann** (Max-Charles), 82, avenue de Neuilly, Neuilly-sur-Seine.
- Stein** (Georges), industriel, Manufacture de câbles et cordages veuve A. Stein, Danjoutin-Belfort (Territoire de Belfort).
- Steinebach** (Hugo), directeur des Mines, Prevalie, Carinthie (Autriche).
- Steinefeld** (Nicolas), secrétaire du Comité des Mines de l'Oural, directeur de la « Revue des Mines de l'Oural », Ekaterinbourg (Russie).
- Steemann**, directeur des Mines d'Arsimont, à Auvelais (Belgique).
- Stoek** (Harryst), Colliery Engineer, Scranton, Pennsylvania (Etats-Unis).
- Stouls** (Armand), 1 rue de Huy, Liège (Belgique).
- Strassburger**, directeur de la Société Varsovienne, Nience (Pologne Russe).
- Suisse** (Edouard), Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Suess** (Otto), Mahr-Ostrau (Autriche).
- Syroczynsky** (Léon), professeur d'Exploitation des Mines et de sondages à l'Ecole Polytechnique, Lemberg (Autriche).
- Szyliansky** (G.-W.), Corso Venezia, 69, Milan (Italie).

T

- Tachard** (A.), 7, rue Drouot, Paris.
- Tacquet** (Jules), directeur des Mines de Meurchin, Bauvin (Nord).
- Taliansky** (Levy-Berthold), ingénieur, 85, rue Marszalkowska, Varsovie (Pologne Russe).
- Taravellier** (Louis), directeur des Mines de Somorostro (Bilbao), calla particular de Solaegui T. A., Bilbao (Espagne).
- Tardy** (Auguste), ingénieur, Saint-Dizier (Haute-Marne).
- Taskine** (Eugène de), ingénieur des Mines, conseiller d'Etat actuel, 20, rue de Longchamps, Paris.
- Tauzin**, ingénieur en chef des Mines, président de la Société de l'Industrie Minérale, Saint-Etienne (Loire).

- Tello** (Alfredo-Em.), ingénieur, à San Juan (République Argentine).
- Terrier** (Léon), ingénieur civil des Mines, E. C. P., 45, rue Saint-Ferdinand, Paris.
- Tézenas du Montcel**, délégué du Conseil d'administration des Mines de Czeladz, Sosnowice (Pologne Russe).
- Thiebaut** (Fernand), maître de forges, Monceau-sur-Sambre (Belgique).
- Thiery** (Edouard), ingénieur divisionnaires aux Mines de Courrières, Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Thiry** (Charles), directeur de la Compagnie de l'Escarpelle, à Flers-en-Escrebieux (Nord).
- Thiry** (Joseph), ingénieur, 255, avenue Van Volxem, Forest-les-Bruxelles (Belgique).
- Thomas** (Marcel), ingénieur civil des Mines, aciéries de Longwy, Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).
- Thorez**, ingénieur, administrateur délégué des Mines d'Azincourt, 1, boulevard Delebecque, Douai (Nord).
- Timmerhans** (Charles), directeur de la Vieille-Montagne, Calamine, par Montzen (Belgique).
- Timmerhans** (Louis), directeur général honoraire des Mines, 13, rue Nysten, Liège (Belgique).
- Timmermans** (J.), directeur gérant de la Société anonyme des Ateliers de constructions de la Meuse, Sclessin-Liège (Belgique).
- Tissot** (Aug.), ingénieur en chef des Aciéries Robert, 149, rue Oberkampf, Paris.
- Tixier**, ingénieur civil des Mines, 52, rue Caumartin, Paris.
- Toldt**, ingénieur, directeur des Aciéries « Salamandre », à Riga (Russie).
- Tomson** (E.), ingénieur honoraire des Mines, directeur des Mines de Harpen, Ostwal, 36, Dortmund, Westphalie (Allemagne).
- Tomson** (H.), ingénieur des Mines, Heiligerweg, Dortmund (Westphalie).
- Tour** (baron du), 62, rue d'Arlon, Bruxelles (Belgique).
- Trasenter** (Gustave), Ougrée (Belgique).
- Trasenter** (Paul), 53, boulevard d'Avray, Liège (Belgique).
- Treinen** (Mathias), ingénieur, directeur, Colmar Berg (Grand-Duché de Luxembourg).
- Troullier** (D.), ingénieur, directeur des Mines de Perques, Rinxent (Pas-de-Calais).
- Turlot** (Emile), ingénieur, Roux (Belgique).

U

- Uhle** (Charles), V. Otthans, Bergcommissar, Ostrau (Autriche).
Uhry (Edmond), directeur de la Société des Mines de Houille de « La Houve », 17, place Saint-Etienne, Strasbourg (Alsace).
Urban (Jules), ingénieur, 13, avenue des Arts, Bruxelles (Belgique).

V

- Vallot** (H.), ingénieur, 2, place des Perchamps, Paris.
Valton (Ferd.), ingénieur civil, 19, parc de Montretout, Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
Van Brock (Gaston), président des Mines des Malines, 30, avenue Kléber, Paris.
Vanderheyem, ingénieur du Contrôle des Travaux Extérieurs, Compagnie P.-L.-M., 20, boulevard Diderot, Paris.
Van Diest, ingénieur des Mines, Denver, Colorado (Etats-Unis).
Van Drunen, professeur à l'Université de Bruxelles, 9, rue des Champs-Élysées, Bruxelles (Belgique).
Van Dyk (P.), Pieter Bothstraat, 17, La Haye (Hollande).
Van Hoegaerden-Braconier, 37, rue de l'Université, Liège (Belgique).
Van Houche (Joseph), ingénieur, Lahestre, Hainaut (Belgique).
Vanlaïr (Adolphe), ingénieur, Wasmès (Belgique).
Vanzetti (C.), ingénieur, directeur général des Fonderies de Métaux et d'Acier, Fonderie Milanese di Acciaio, Milan (Italie).
Varlé (Paul), représentant des Mines de Courrières, 5, rue Fénelon, Paris.
Vautier (Louis), ingénieur civil des Mines, 80, boulevard Saint-Michel, Paris.
Verdié (Eugène), 7, rue de Logelbach, Paris.
Verny (Léonce), Aubenas (Ardèche).
Vertongen (Charles), 41, rue d'Arras, Douai (Nord).
Viola (Gustave), ingénieur, directeur des Mines de Liévin, Liévin (Pas-de-Calais).
Viella de Soleyrol, ingénieur, 3, rue Léopold-Robert, Paris.
Vicolgne et Nœux (Compagnie des Mines de), Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
Vieillard (Jacques), Apartado, 15, Bilbao (Espagne).
Vieussa, chef des Travaux de la Compagnie universelle du canal de Suez, 9, rue Charras, Paris.

Villaine (Félix de), 2, rue Sala, Lyon (Rhône).

Villain (François), ingénieur au Corps des Mines, 17, rue Stanislas, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Villain (Paul), ingénieur civil, administrateur, délégué des Ardoisières de la Renaissance d'Angers, 69, rue de la Victoire, Paris.

Villiers (Henri), ingénieur civil des Mines, 24, quai Jayre, Lyon (Rhône).

Vincens, ingénieur, 27, avenue de l'Alma, Paris.

Vincotte (Henri), ingénieur des Mines, à Sannois (Seine-et-Oise).

Virat (Ferdinand), 34, avenue Dauménil, Paris.

Vivian (John), 42, Lowther street, Whitehaven (England).

Vogt (Johan), professeur à l'Université de Christiania (Norvège).

Voguë (de), président des Usines de Mazières, 2, rue Fabert, Paris.

Volllaume (Charles), ingénieur du Service technique de la Société Générale Electrique et Industrielle, 13, rue Cassette, Paris.

Volzin (Honoré), Firminy (Loire).

Vollot (Claude), 15, rue des Halles-Centrales, Angoulême (Charente).

Vulgnier (Henry), ingénieur civil des Mines, 46, rue de Lille, Paris.

W

Wahle, Geheimer Finanzrath, Bernhardstrasse, 27, Dresden (Saxe).

Walker (William), Cardarroch House, Airdrie (Scotland).

Walsh (Paton), 564, Heerengracht, Amsterdam (Hollande).

Wappler, Königl. Sachs. Bergamtsrath, Freiberg en Saxe (Allemagne).

Warrington-Smyth (M.-N.), 14, avenue d'Eylau, Paris.

Warnier (Emile), ingénieur, 53, rue du Saint-Esprit, Liège (Belgique).

Watteyne (Victor), ingénieur en chef, directeur de Mines, 138, avenue de la Couronne, Bruxelles (Belgique).

Wauthy (Charles), fondeur, à Douai (Nord).

Wadding (Hermann), professeur, Genthinerstrasse, 13, Berlin W (Allemagne).

Weill (Léopold), 34, rue Saint-Lazare, Paris.

Weiss (Paul), 78 bis, avenue Henri-Martin, Paris.

- Wendel** (Humbert de), à Hayange (Lorraine Allemande).
Wendel (Robert de), président du Comité des Forges, à Hayange (Lorraine Allemande).
Wendelin (Wolfgang), ingénieur en chef, Apostelgasse, 12, Wien III (Autriche).
Werth, directeur technique des Forges de Denain et Anzin, à Denain (Nord).
Westercamp (de), ingénieur des Mines, Aciéries de France, Isbergues (Pas-de-Calais).
Western (Frank), 22, Ladbroke Square, Notting Hill, London W. (Angleterre).
Wielemans (Prosper), 306, avenue Van Volxem, Bruxelles-Midi (Belgique).
Wilkinson (J.), ingénieur, Sheffield (England).
Wiltz (Charles), ingénieur aux Ateliers de Reischaffen, Niederbronn (Alsace).
Wiltz (J.), directeur des Usines de Dietrich et Cie, Niederbronn (Alsace).
Winchell (Horace), Economic Geologist, Anaconda copper Mining Company, Butte, Montana (Etats-Unis).
Wincqz (Jules de le Court) 16, rue de la Pépinière, Bruxelles (Belgique).
Winhlehner (Hans), ingénieur en chef, Annavolgy-Sarisap (Hongrie).
Woiniewitch (Louis), Krivoï-Rog (Russie Méridionale).
Wolff (docteur), Berlin, Gagerstrasse, 2 (Allemagne).
Worms de Romilly, 7, rue Balzac, Paris.
Wourgaft, ingénieur, perspective, Liteini 41, Saint-Petersbourg (Russie).
Wurth, ingénieur, Luxembourg (Grand-Duché de Luxembourg).

Z

- Zawiski**, ingénieur principal de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est, Reims (Marne).
Zdziarski, ingénieur des Voies de communication, Fontanka, 134, Saint-Petersbourg (Russie).
Zelenkoff (Eugène de), conseiller de Cour de Russie, 88, Sadowaia, Saint-Petersbourg (Russie).
Zimmermann, ingénieur de Mines, Orlau, Schlesien (Autriche).
Zipperlen (A.), ingénieur, 21, rue Ballu, Paris
Zypen (Van der), Cologne (Allemagne).

CHAPITRE III

SÉANCE GÉNÉRALE D'OUVERTURE

La séance générale d'ouverture s'est tenue le lundi 18 juin, dans la grande salle du Palais des Congrès à l'Exposition. Environ 450 membres étaient présents.

Elle a été ouverte à 10 heures du matin par M. Haton de la Goupillière, président de la Commission d'organisation du Congrès, qui a prononcé le discours suivant :

Discours de M. Haton de la Goupillière.

La Commission d'organisation du Congrès international des Mines et de la Métallurgie adresse, par ma voix, la plus cordiale bienvenue aux savants ingénieurs qui ont répondu en si grand nombre à son appel, en se rendant ici de toutes les parties du monde civilisé.

La France les reçoit avec bonheur, suivant en cela ses sentiments traditionnels d'affectueuse hospitalité.

Cette brillante réunion est la neuvième que nous puissions enregistrer en France pour le personnel de ces deux puissantes et vaillantes industries. Vous me permettrez, je l'espère, de rendre avec vous un hommage rétrospectif aux hommes éminents qui ont été à cet égard les ouvriers de la première heure.

Il me faut citer tout d'abord l'inspecteur général Louis Gruner, autrefois l'honneur de la science française, ainsi que de notre Corps national des Mines. Il revit aujourd'hui au milieu de nous dans la personne de son fils, notre excellent secrétaire général aux

efforts duquel la Commission d'organisation tient à reporter la plus grande part des résultats poursuivis en vue de vous recevoir.

C'est en 1855 que Gruner appelait l'attention des ingénieurs « sur l'isolement qui favorise la routine et « le découragement, tandis que les contacts dévelop-
pent l'émulation et le progrès ».

Il invitait en conséquence les personnes qui s'occupent de l'art des mines et de la métallurgie à se grouper « pour réunir les éléments dispersés et encourager
« les efforts individuels ».

De cet appel est sortie la création de la Société de l'Industrie minérale de Saint-Etienne, qui a tant fait depuis lors pour la science, comme pour la pratique de notre art.

C'est encore Gruner qui, en 1873, proposa nettement l'institution de Congrès, auxquels il prédisait la plus heureuse influence. Deux ans après, en mai 1875, s'ouvrait en effet à Saint-Etienne, sous sa présidence, le premier de ces Congrès.

A ses côtés, deux vice-présidents se trouvèrent alors signalés au choix unanime des congressistes par les belles carrières qu'ils avaient déjà parcourues. Vingt-cinq ans se sont écoulés depuis lors, et ces doyens de l'Industrie minérale représentent encore les deux extrémités géographiques de la France. Je pense, Messieurs, que vous voudrez acclamer avec nous ces deux noms de MM. Chalmeton, de Bessèges, et Vuillemin, d'Aniche.

La voie était dès lors ouverte, et les assises de l'Industrie minérale se succédèrent sur les points les plus divers.

En 1876, le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais offrait l'hospitalité au deuxième Congrès; puis, en 1878, l'Exposition universelle motivait la réunion à

Paris du troisième. En 1882, le district du Gard nous adressa à son tour son appel. Nous nous souvenons tous de la magnificence avec laquelle nous fûmes reçus par les Compagnies minières et métallurgiques de cette région si intéressante, depuis les montagnes des Cévennes jusqu'aux rivages de la Méditerranée.

Une longue crise industrielle vint alors ralentir une série si bien commencée, et ce n'est qu'en 1887 que nous retrouvons le cinquième Congrès, dans l'Est de la France et en Belgique. Mais on n'avait pas perdu pour attendre, car cette session sanctionnait, hors de nos frontières, l'union et la cordiale confraternité des ingénieurs français et belges, au milieu des belles réceptions de Nancy et de Longwy, de Charleroi et de Liège.

L'Exposition de 1889 ramena à Paris le 6^e Congrès qui prit dès lors nettement le caractère international, si précieux pour nous à tous égards. Bien des voix amies se sont alors fait entendre, au milieu de nos délibérations aussi bien que dans nos banquets, pour apporter à la France un affectueux écho des sentiments ressentis par les ingénieurs des pays étrangers.

Parmi ces hommes éminents, plusieurs ont disparu de la scène de ce monde. Nous adressons à leur mémoire un souvenir ému.

Nous trouvons enfin en 1897 le septième Congrès dans le département de Saône-et-Loire ; puis en 1898 le huitième à Montluçon.

Aujourd'hui, Messieurs, pour la troisième fois dans cette ville de Paris, s'ouvre la neuvième réunion de l'Industrie minérale. Plus que jamais s'y affirme le caractère international, que nos efforts tendront toujours à développer le plus possible.

Un nom vient ici se placer sur mes lèvres, et vous m'accuseriez d'ingratitude si j'oubliais de l'évoquer

devant vous. C'est celui du Président dévoué et infatigable qui, avant de se renfermer dans un repos si bien gagné, nous a laborieusement servis en organisant avec tant de soin, et dirigeant avec tant de cordialité simple et douce les derniers Congrès. J'ai nommé M. l'Inspecteur général des mines Castel. -

L'acquiescement de nos dettes présenterait également une lacune, si je ne vous rappelais le rôle tutélaire qu'a joué sans relâche, dans la réalisation de nos diverses sessions, la savante Société dont j'ai déjà prononcé le nom : celle de l'Industrie Minérale de Saint-Etienne. Son personnel si capable, son organisation éprouvée, ses capitaux libéralement mis à notre disposition, ainsi que la publicité de son bulletin répandu dans le monde entier, ont été pour nous des secours inappréciables. Je salue donc en votre nom cette Société dans la personne de son distingué président, M. l'Ingénieur en chef Tausin, directeur de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.

Je puis même ajouter que M. Tausin a été, à proprement parler, l'instigateur de la réunion du présent Congrès. A la vérité, cette question était dans l'air ; elle devait aboutir. Mais nous savons bien que lorsqu'une mine a été chargée, et qu'elle recèle déjà dans ses flancs son irrésistible puissance, il lui faut encore cependant, pour entrer en action, une étincelle, un exploseur. Dans le cas actuel, l'explosur a été notre éminent camarade M. Tausin.

Parlons enfin de nous, Messieurs, et de nos futurs travaux. Les circulaires qui vous ont été adressées par la Commission d'organisation, ou qui vous seront distribuées aujourd'hui même, vous éclaireront autant que possible sur beaucoup de détails, en vous permettant d'y apporter plus d'attention que ne le comporteraient ici des paroles rapides. Je me bornerai

donc en ce moment à quelques indications générales que je crois indispensables.

Je me suis demandé, Messieurs, si je ne devais pas commencer par vous énumérer, peut-être même par analyser devant vous les travaux qui ont été préparés pour servir de base à vos discussions. Mais j'ai bien vite renoncé à cette pensée.

Une simple table des matières serait trop sèche pour remercier, comme il le mérite, le dévouement des zélés rapporteurs qui nous ont fourni ces beaux mémoires, dont une partie seulement vous a été déjà distribuée. Quant à une appréciation de chacun d'eux, elle marquerait de ma part des prétentions que je veux soigneusement m'interdire. Je dois m'imposer un maintien plus petit, devant tant de science accumulée par des hommes d'élite, dont plusieurs occupent les premiers rangs de la notoriété parmi les ingénieurs. Je borne donc mon rôle à offrir à ces laborieux pionniers du Congrès de 1900 nos remerciements chaleureux pour le concours décisif que leurs efforts auront apporté à son succès.

Votre Commission ne pouvait négliger d'adjoindre à un enseignement aussi autorisé l'admirable *leçon de choses* que nous présente l'Exposition Universelle, laquelle est la raison d'être, tout au moins de la date et du lieu, de cette réunion internationale.

Il a donc été entendu que des visites de l'Exposition alterneraient avec la tenue de nos séances : visites le matin, à la fraîcheur, si notre soleil de France le permet ; séances dans la journée pendant toute la semaine.

Quant à l'après-midi de ce jour, elle nous a paru devoir être laissée à la prise de possession du sol parisien par ceux d'entre vous qui arrivent de loin en ce moment, et au complément des mesures administratives : distribution des cartes, des imprimés, etc.,

ainsi qu'aux colloques familiers des congressistes qui se rencontreront au lieu de cette distribution.

Pour rendre fructueuses, ou simplement praticables, ces visites de l'Exposition, il fallait tout à la fois effectuer un très notable fractionnement de notre foule, véritablement innombrable, et vous procurer des guides éclairés, capables de vous conduire à travers un véritable dédale vers les objets susceptibles de vous intéresser le plus.

Pour cette mission de dévouement, nous avons cherché parmi les ingénieurs d'activité et d'intelligence qui nous entourent, en nous limitant d'ailleurs à ceux qui sont affligés du défaut (dont ils se guériront assez) de la jeunesse.

Nous avons trouvé parmi eux dix noms, plus un certain nombre de suppléants. Pourquoi ce chiffre de dix ? Parce que, Messieurs, nous avons un double objectif à envisager, à savoir : mines et métallurgie, et d'autre part, cinq matinées à employer. Le plus grand fractionnement restait d'ailleurs le plus favorable, car on se figure malaisément, à moins de l'avoir déjà pratiqué, ce qu'est, aussi bien pour le guide de la caravane que pour chacun de ses membres, la difficulté de ne pas se perdre les uns les autres au milieu du public.

Chacun de nos aides-de-camp a bien voulu étudier avec soin une circonscription déterminée, qu'il parcourra cinq fois de suite pendant la semaine avec cinq groupes distincts. D'autre part, chacun des congressistes se rattachera, suivant son libre choix, à celui des deux groupes : mines ou métallurgie qu'il trouvera indiqués pour chaque jour, avec les lieux de rendez-vous, sur la carte de couleur qui lui a été remise.

En établissant ainsi le plus d'ordre possible, nous n'avons évidemment pas la pensée d'enchaîner la liberté

et l'initiative de nos confrères, s'ils préfèrent quel-qu'autre groupe à ceux que nous leur aurons désignés, suivant les hasards de l'ordre alphabétique. Mais il est bien clair que vous avez tous intérêt à ce qu'il y ait le moins possible de dérogations sous peine de tomber dans le chaos et l'encombrement, au grand détriment de l'utilité, comme de l'agrément de ces visites.

Pour faciliter la reconnaissance mutuelle des congressistes entre eux au milieu de la foule, nous avons adopté un signe de ralliement, sous la forme d'une rosette verte portant notre symbole traditionnel : le pic et le marteau. Le ruban est rouge au contraire pour les conducteurs des divers groupes.

Nous vous recommandons, dans votre propre intérêt, l'exactitude aux heures de rendez-vous : 9 heures précises pour les visites de l'Exposition, 2 heures pour les séances de l'après-midi.

Arrivons enfin à parler de l'organisation de ces séances, qui sont en définitive l'objet fondamental de tout Congrès.

La double dénomination qui a été adoptée par le nôtre pourrait étonner le public. Il trouvera peut-être, surtout en présence de la grande multiplicité des Congrès de cette année, que nos industries en permettaient bien deux distincts, en raison de leur extraordinaire importance. Mais vous connaissez parfaitement, Messieurs, l'étroite connexité des sciences si nombreuses qui nous sont nécessaires, dans ces deux branches, l'enchevêtrement des relations industrielles, aussi bien que des opérations techniques sur leurs confins mutuels, et par-dessus tout l'affectueuse confraternité des ingénieurs qui ne se spécialisent dans l'une ou l'autre pour leur carrière qu'après avoir suivi ensemble, sur les bancs d'une même école, un commun enseignement. Un Congrès unique nous était donc seul possible.

Toutefois, au moment d'en venir à la délibération effective sur tant de questions en aussi peu de temps, un fractionnement du personnel, d'ailleurs entièrement volontaire pour chacun de vous, dans deux salles distinctes s'imposait avec évidence, pour les mines d'une part et pour la métallurgie.

Nous pousserons même peut-être plus loin le principe du sectionnement, mais seulement si cela devenait nécessaire en raison de l'abondance des matières, ou pour quelques sujets spéciaux d'un intérêt limité à un nombre trop restreint de congressistes.

Pour le moment, je ne parle que du dédoublement principal.

Nous nous sommes, dans ce but, assuré, pour toute la semaine, deux salles d'une ampleur suffisante, situées à une très faible distance l'une de l'autre. Je ne crois pas me tromper en disant que cette distance n'excède pas la diagonale de ce palais des congrès qui nous abrite en ce moment. Il sera donc bien facile de se transporter de l'une à l'autre pour ceux d'entre vous qui le voudraient dans une même journée.

La première de ces salles est celle de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, située 44, rue de Rennes, sur la place même et en face de l'église Saint-Germain-des-Prés, à la croisée de la rue de Rennes et du boulevard Saint-Germain. Cette salle a été libéralement, et sans aucune rétribution pour le Congrès, mise à notre disposition par le président de la Société d'Encouragement, qui porte un nom cher à la France, dont il a lui-même, après tant d'autres, contribué à rehausser encore l'éclat : M. l'Inspecteur général Adolphe Carnot.

Toutes les séances relatives aux questions de mines se tiendront dans cette salle de la Société d'Encouragement.

Les séances de métallurgie auront lieu dans la grande salle de la Société de Géographie, située sur le boulevard Saint-Germain, n° 184, entre la rue des Saints-Pères et la rue de Rennes.

C'est à la Société d'Encouragement que continuera cet après-midi, de 2 heures à 6 heures, aussi bien d'ailleurs que tous les jours suivants pendant le Congrès pour les retardataires, la distribution, commencée depuis deux jours, des cartes et des rapports, pour ceux d'entre vous qui ne les ont pas encore retirés. Sans doute s'y rencontreront-ils aujourd'hui les uns et les autres, retrouvant des amis anciens, nouant entre eux de nouvelles relations.

L'ordre du jour des séances vous a été distribué. Je ne perdrai pas de temps à vous en redonner les détails. Je me borne à rappeler que demain, mardi, à deux heures, après les visites du matin, on s'occupera à la Société d'Encouragement des questions étroitement connexes qui se rattachent aux explosifs, à l'aérage, et l'éclairage des mines; et, à la Société de Géographie, de l'emploi dans les moteurs des gaz de hauts-fourneaux.

Messieurs, je ne vous avais pas, en commençant, promis d'être court, parce que je ne veux pas de faux serments et que je sentais à l'avance ma conscience troublée par l'épreuve à laquelle j'allais soumettre votre patience. Mais il est temps de constituer définitivement le Congrès par l'élection de son Président. C'est à lui qu'il appartiendra de diriger la suite de votre discussion pour compléter la nomination de votre bureau auquel la Commission d'organisation n'a plus qu'à remettre ses pouvoirs.

La délibération est ouverte, Messieurs, sur l'élection du Président du Congrès; je donnerai la parole à ceux de ses membres qui désireront la prendre sur ce sujet.

M. CHALMETON, Administrateur - Directeur de la Compagnie de Bessèges, propose de nommer M. Haton de la Goupillière président du Congrès.

M. HARZÉ, Directeur général des Mines de Belgique, propose de maintenir en fonctions tout le bureau de la Commission d'organisation du Congrès.

M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE cède la présidence à M. Fayol, vice-président de la Commission d'organisation, pour la discussion des propositions de MM. Chalmeton et Harzé.

M. FAYOL met aux voix la proposition de M. Chalmeton.

A l'unanimité, M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines, Directeur de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris, est élu *président* du Congrès.

M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE prend à nouveau la parole en ces termes :

« Arrivé près du terme de ma carrière déjà longue, rien ne pouvait m'être plus sensible que cette manifestation surmon nom de la part d'ingénieurs éminents et amis.

« C'est au milieu de vous, et à votre contact, beaucoup plus que dans les livres, que j'ai appris ce que j'ai pu savoir. C'est dans vos beaux établissements, dans vos courageuses exploitations que j'ai recueilli et classé ce que j'ai eu tant de bonheur à enseigner.

« Recevez donc, en ce moment, Messieurs, toute ma reconnaissance.

« En ce qui concerne la composition de votre bureau, il serait superflu de rappeler que vous seuls avez

toute initiative et toute liberté. La Commission d'organisation disparaît devant le Congrès, dans lequel ses membres se fondent au milieu des autres congressistes. Toutefois, vous avez trop, Messieurs, l'habitude de semblables réunions, rarement portées d'ailleurs à un nombre tel que je l'ai ici sous les yeux, pour penser qu'une aussi importante opération puisse être abandonnée au hasard, et fonctionner dans le chaos. Vous me permettrez donc, je l'espère, de vous indiquer quelques réflexions que nous avait suggérées à l'avance l'étude de la liste des congressistes.

« En premier lieu, vous avez à désigner vos présidents d'honneur.

« Vous penserez peut-être, Messieurs, que nous ne saurions mieux la commencer qu'en replaçant à notre tête les trois hommes dont j'ai rappelé en commençant les noms, comme ayant si bien servi dans le passé la cause des Congrès : MM. Castel, Chalmeton, et Vuillemin. »

Cette proposition est adoptée par acclamation.

« Nous avons pensé, Messieurs, en ce qui concerne pour le moment la France seulement, à compléter cette représentation par trois autres présidents d'honneur considérables par eux-mêmes, et de plus, représentant d'une manière caractéristique chacun des trois groupes essentiels dont nous trouvons ici les représentants, à savoir : le Corps national des Mines de France, dans la personne du vice-président du Conseil général des Mines. Vous n'ignorez pas, Messieurs, que le Conseil n'a pas de président titulaire, son président de droit est M. le Ministre des Travaux publics. Le Conseil a seulement un vice-président.

« C'est aujourd'hui M. l'Inspecteur général Vicair,

dont le nom n'éveille que des sentiments de respect et de sympathie.

« En second lieu, l'industrie métallurgique représentée par le Comité des Forges de France, dont le président est M. Robert de Wendel. En troisième lieu, l'Industrie des Mines représentée par le Comité central des Houillères de France, qui a pour président M. Darcy. »

Cette proposition est adoptée par acclamation.

Sont donc nommés Présidents d'honneur, au titre français, MM.

CASTEL, inspecteur général des Mines, ancien président de l'Industrie Minérale.

CHALMETON, administrateur-directeur de la Compagnie Houillère de Bessèges, vice-président du 1^{er} Congrès de l'Industrie Minérale.

DARCY, président du Comité central des Houillères de France.

VICAIRE, président du Conseil général des Mines.

VUILLEMIN, ancien administrateur-directeur de la Compagnie des Mines d'Aniche, vice-président du 1^{er} Congrès de l'Industrie Minérale.

Robert DE WENDEL, président du Comité des Forges de France.

M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE. « Parmi les membres de nationalité étrangère, le champ deviendrait pour ainsi dire illimité, si nous considérons la liste des illustrations ici rassemblées.

« Nous avons dû cependant essayer de nous restreindre, comme c'est évidemment indispensable ; toutefois il vous appartiendra, bien entendu, si vous le jugez à propos, d'étendre cette liste. Parmi les personnes ici

présentes, nous avons pensé à vous proposer les noms suivants, que j'énonce suivant l'ordre alphabétique des nations auxquelles ils appartiennent :

Allemagne. — M. KRABLER, président de la Knappschaft-Berufgenossenschaft.

M. Ch. LUEG, président de l'Association des Métallurgistes allemands.

Autriche. — M. BIEHL, directeur général de la Compagnie de Brux (Bohême).

Belgique. — M. GREINER, directeur général de la Société Cockerill, à Seraing.

M. HARZÉ, directeur général des Mines.

Etats-Unis. — M. HOWE, professeur de métallurgie à l'Université de Columbia, à New-York.

M. David-T. DAY, chef de la division des Ressources minérales au Service géologique des Etats-Unis.

Grande-Bretagne. — M. LE NEVE FOSTER, inspecteur royal des Mines.

Sir Robert AUSTEN, président de l'Iron and Steel Institute.

M. H. C. PEAKE, président de l'Institution of Mining Engineers.

Italie. — M. PELLATI, inspecteur général des Mines, chef du Corps royal des mines d'Italie.

Hongrie. — M. FARBAKY, ancien directeur de l'Académie des Mines, à Schemnitz.

Russie. — M. TSCHERNOFF, professeur à l'Académie des Mines de Saint-Pétersbourg.

M. KOTSOWSKY, professeur à l'Académie des Mines de Saint-Pétersbourg.

Avant de faire procéder à l'élection des vice-présidents, M. Haton de la Goupillière tient à exprimer, au nom des membres du Congrès comme au sien, les regrets que fait éprouver à tous la mort de M. Jordan, vice-président de la Commission d'organisation; il désire qu'il en soit fait mention au procès-verbal pour associer à l'œuvre du Congrès la mémoire de cet homme de bien, de ce savant dont la modestie n'a pu voiler à ses contemporains sa grande valeur, ainsi que la délicatesse et l'élévation de son caractère.

Le Congrès s'associe par ses applaudissements à cette appréciation.

L'ordre du jour étant très chargé, le Président propose de nommer onze vice-présidents français qui assisteront les présidents d'honneur dans les séances de groupe.

Sont élus à l'unanimité : MM.

AGUILLON, inspecteur général des Mines, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

BRULL, ancien président de la Société des Ingénieurs civils, membre du Conseil de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.

BUQUET (Paul), directeur de l'Ecole centrale, président honoraire de la Société Anonyme des Salines Domaniales de l'Est, ancien président de la Société des Ingénieurs civils.

CARNOT (Adolphe), membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

CASTELNAU (DE), ingénieur en chef des Mines, ingénieur conseil des Mines de la Grand'Combe et des Mines de Nœux.

FAYOL (Henri), ingénieur civil des Mines, directeur général de la Compagnie de Commentry-Fourchambault et Decazeville.

LEDoux, ingénieur en chef des Mines en retraite, ingénieur conseil de la Compagnie d'Anzin et de la Société de Ronchamp, administrateur délégué de la Société Minière et Métallurgique de Penarroya.

MONTGOLFIER (DE), ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées, directeur de la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et des chemins de fer.

ROLLAND (Georges), ingénieur en chef des Mines, maître de Forges.

SCHNEIDER (Eugène), député, maître de forges au Creusot.

TAUZIN, ingénieur en chef des Mines, directeur de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, président de la Société de l'Industrie Minérale.

Le Président propose le maintien comme secrétaire général de M. GRUNER ; il est très sûr que cette proposition n'a pas besoin d'être mise aux voix et que le nom de M. Gruner sera acclamé par les membres du Congrès qui seront heureux de lui témoigner ainsi leur reconnaissance pour le zèle qu'il a mis à organiser le Congrès.

Par ses applaudissements unanimes, le Congrès approuve cette proposition.

Sont ensuite élus secrétaires : MM.

BERGERON, ingénieur civil, professeur à l'Ecole Centrale.

BRESSON, ingénieur civil des Mines, ancien directeur des Mines, usines et domaines de la Société Autrichienne-Hongroise des chemins de fer de l'Etat.

DURASSIER, ingénieur civil des Mines, préparateur à l'Ecole des Mines.

DUTREUX, ingénieur des Arts et Manufactures.

PELLÉ, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'Ecole Nationale supérieure des Mines.

Sont élus Vice-Secrétaires : MM.

BACHELLERY, ingénieur des Mines.

BOUSQUET, ingénieur des Arts et Manufactures.

CHAPOT, ingénieur civil des Mines.

COLOMER, ingénieur civil des Mines.

DELU, ingénieur civil des Mines.

DE GENNES, ingénieur civil des Mines.

MALHER, ingénieur civil des Mines.

WEISS, ingénieur au Corps des Mines.

M. le PRÉSIDENT demande aux membres du Congrès de l'autoriser à ajouter de nouveaux noms à la liste des vice-secrétaires, si le nombre des élus était reconnu insuffisant.

Cette proposition est adoptée.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Harzé, au nom du Bureau de la Commission d'organisation du Congrès, pour la marque de confiance qu'il a bien voulu lui donner.

Le PRÉSIDENT invite les présidents d'honneur et les vice-présidents à prendre place au bureau.

M. CHALMETON propose aux membres du Congrès de se lever tous en l'honneur de M. le Président Haton de la Goupillière et des membres du Bureau.

Toute l'Assemblée se lève.

M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE en son nom comme en celui de tout le Bureau, remercie les membres du Congrès de cette marque de sympathie.

M. GRUNER, secrétaire général, donne lecture de la liste de MM. les délégués des pays étrangers et des ministères français (1).

M. le PRÉSIDENT exprime à MM. les délégués des gouvernements étrangers ses souhaits de bienvenue et les remercie au nom des membres du Congrès de l'éclat que leur présence va apporter aux séances.

M. GRUNER, secrétaire général, donne ensuite divers renseignements complémentaires sur les séances et sur l'organisation des visites à l'Exposition.

L'ordre du jour étant épuisé, et personne ne demandant la parole, la séance est levée à onze heures 20 minutes.

(1) Voir cette liste, page 51.

CHAPITRE IV

SÉANCES DE LA SECTION DES MINES

1^{re} SÉANCE*Mardi 19 Juin 1900.***EXPLOSIFS ET AÉRAGE**

Présidence de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE,
assisté de MM. CASTEL, LE NEVE FOSTER et BUQUET.

Secrétaire : M. PELLÉ.

La séance est ouverte à 2 heures et quart.

M. le PRÉSIDENT exprime le regret que M. Peake, qui devait présider cette première séance de la Section des Mines, ne se trouve pas présent.

Il fait connaître qu'il a été avisé par M. Ferraris, président de l'*Associazione mineraria Sarda*, que cette Société a délégué, pour la représenter au Congrès, MM. Pellati, inspecteur en chef du Corps royal des mines d'Italie, Merlo, ingénieur de la Société des mines de Malfidano, et Sartori, ingénieur de la Société des mines de Monteponi. Il remercie cette association d'avoir bien voulu se faire représenter et souhaite la bienvenue à ses délégués.

M. le Président informe en outre l'Assemblée que M. Rothwell, par l'entremise de M. Day, a fait hommage au Congrès du dernier volume de sa statistique de l'industrie minérale (*The mineral industry ; its statistics, technology and trade*, Vol. VIII. 1900). Il rap-

pelle que cette publication annuelle de M. Rothwell a obtenu une médaille d'or de la Société d'Encouragement en 1898.

M. DELAFOND résume le rapport qui a déjà été distribué aux membres du Congrès sur l'*emploi des explosifs de sûreté dans les mines de combustible françaises* (Voir ce rapport, *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 3^e série, tome XIV, 1900, 3^e livraison, 1^{re} partie, page 1).

M. LE CHATELIER présente une analyse de son rapport sur l'*Etablissement des dynamitières souterraines* (Voir ce rapport, *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 3^e série, tome XIV, 1900, 3^e livraison, 1^{re} partie, page 16).

M. WATTEYNE, puis M. DENOEL rappellent successivement les divers points traités dans leur rapport commun sur l'*Emploi des explosifs dans les mines de houille de Belgique* (Voir ce rapport, *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 3^e série, tome XIV, 1900, 3^e livraison, 1^{re} partie, page 59).

M. N. KOTSOWSKY résume le rapport qu'il a présenté au Congrès sur la *Composition de l'air des mines dans le bassin du Donetz* (Voir ce rapport, *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 3^e série, tome XIV, 1900, 4^e livraison, 1^{re} partie, page 1175); puis il ajoute :

« En achevant cet exposé, je me permets, Messieurs, de vous adresser une proposition. Après avoir visité les principaux charbonnages de l'Europe occidentale et pris connaissance des travaux exécutés par de nombreux savants et ingénieurs, il m'est impossible de ne pas m'incliner devant la somme d'efforts et d'énergie dépensée pour l'étude du grisou, ce terrible fléau du

mineur, ainsi que devant les brillants résultats qui ont été obtenus. Mais je dois ajouter que j'ai été étonné du peu de liens qui existent entre ces divers travaux, tandis que leur rapprochement favoriserait de nouveaux progrès.

« Je suis profondément convaincu que si, comme pour d'autres questions scientifiques, on créait des congrès périodiques, dans le but de traiter les questions relatives au grisou et d'élaborer des programmes pour l'étude des mesures à prendre contre ce fléau, cette organisation serait de la plus grande utilité et donnerait les résultats les plus sérieux.

« La France fut la première à constituer dans ce but une commission spéciale; le moment m'a semblé bien choisi pour émettre la proposition d'instituer des congrès périodiques internationaux, puisque nous nous trouvons au milieu de cette grande nation si éclairée, qui nous a, la première, montré la voie pour l'étude systématique et scientifique de questions dont la solution rendrait à l'humanité des services incalculables. »

M. le PRÉSIDENT propose de renvoyer à l'étude du bureau du Congrès la très intéressante proposition de M. le Professeur Kotsowsky (Applaudissements).

Composition chimique du grisou des Houillères du Donetz.

Par M. KOURNAKOW,
professeur à l'Institut des Mines à Saint-Petersbourg.

La communication suivante de M. N. S. KOURNAKOW est ensuite présentée par M. H. LE CHATELIER :

« Les premières manifestations sérieuses de la présence du grisou dans les houillères du bassin de Donetz furent observées dans les mines de M. Ry-

kowsky, de Makeewka (Ilowaysky successeurs, aujourd'hui Société Roussko-Donetzky), dans celles de la Société Noworossisky (Hugues) etc. (1).

En 1888, le professeur D. M. Mendeleew recueillit deux échantillons de gaz qui sortait des fissures du charbon dans les mines de Makeewka (puits « Capital »). Le professeur S. A. Przybytek fit au Laboratoire de l'Université de Saint-Pétersbourg l'analyse chimique de ces échantillons. On y trouva du méthane (20,5 % et 13,5 %), de l'acide carbonique (2,7 % et 3,2 %) et de l'hydrogène libre (5,8 % et 7,5 %) (2).

La présence de ce dernier corps résulte sans doute d'erreurs dans les calculs des données de l'analyse. Grâce à l'amabilité du professeur S. A. Przybytek, j'ai pu reprendre les calculs d'après les valeurs données par l'analyse ; ils n'ont fait que confirmer la précision avec laquelle furent exécutés les travaux.

Pour déterminer la présence du méthane, on introduisit le gaz analysé dans un ballon de capacité connue ; on l'en expulsa en versant dans le ballon une solution de potasse et de soude caustiques préalablement bouillie, et on le refoula dans une éprouvette après l'avoir fait passer par des tubes contenant de la potasse caustique et du chlorure de calcium ; alors on fit brûler le gaz en présence d'oxyde de cuivre. On absorba l'eau et l'acide carbonique, produits de la combustion du méthane, par les procédés habituels d'analyse organique. A la fin de l'expérience on fit

(1) Ingénieur des mines Stempkowsky dans le « Gornozawodsky Listok » (Journal des mines du Sud de la Russie), 1881, n° 2.

(2) Journal de la Société Physico-Chimique russe, t. XX, 536 (1888). D'après une communication de l'ingénieur des mines Roszkowski, les échantillons furent extraits à une profondeur approximative de 50 saènes.

passer dans le tube un courant d'oxygène sec et exempt d'acide carbonique, venant d'un gazomètre.

1^{er} Echantillon : 900 ^{cm}³ de gaz (à 0° et sous pression de 760 ^{mm}/^{mm}) donnèrent après combustion : 0 gr. 2462 de CO² et 0 gr. 1882 de H²O, ce qui correspond à 0 gr. 0672 de C et 0 gr. 0209 de H.

2^{me} Echantillon : 634 ^{cm}³ de gaz (à 0° et sous pression de 760 ^{mm}/^{mm}) donnèrent après combustion : 0 gr. 1706 CO² et 0 gr. 1347 H²O, ce qui correspond à 0 gr. 0465 C et 0 gr. 0149 H.

Les quantités de carbone et d'hydrogène déterminées par l'expérience se trouvent entre elles dans le rapport correspondant à la composition du méthane.

	POIDS			DIFFÉRENCE
	trouvés		calculés $H = \frac{C}{3}$	
	C	H		
1 ^{er} échantillon.	0,0672	0,0209	0,0224	0,0018
2 ^e échantillon.	0,0465	0,0149	0,0155	0,0006

Ainsi, non seulement on ne trouve pas dans le gaz de l'hydrogène libre, mais de plus on y constate un excès de carbone. Seulement, les différences entre les résultats de l'expérience et le calcul théorique ne sortent pas des limites ordinaires des erreurs communes de l'analyse organique.

En définitive, le résultat de l'analyse des échantillons du gaz de Makeewka, recueillis par M. Mendeleew, s'exprime par les nombres suivants (en % de volume).

	ÉCHANTILLON 1	ÉCHANTILLON 2
CH ⁴	20,8 %	13,6 %
CO ²	3,2	2,7
O + N.....	76,5	83,2

En 1890, M. N. Kotzowsky, pendant le voyage qu'il fit dans le bassin de Donetz pour étudier la ventilation des houillères, recueillit une quantité considérable d'échantillons d'air et de grisou. Ces échantillons furent envoyés au Laboratoire de l'Institut des Mines de Saint-Pétersbourg. Le département des mines me chargea de les étudier (1).

Pour recueillir les échantillons de gaz, on se servit de tubes en verre (d'une capacité de 160^{cm³}) fermés aux deux extrémités par des tubes en caoutchouc et de petites baguettes de verre. Pour éviter des fuites de gaz à travers le caoutchouc, les extrémités des tubes furent recouvertes d'une couche compacte du mastic de Mendeleew.

Après l'expérience, on s'assura qu'avec des précautions ces tubes pouvaient être longtemps conservés, sans qu'il se produisît de modifications dans la composition du gaz qu'ils renfermaient.

Outre les échantillons de gaz de ventilation recueillis dans diverses mines, j'ai reçu deux échantillons de grisou.

(1) N. Kotzowsky « Gornozavodsky Listok » 1893, p. 4.508, 4250; Revue universelle des mines; M. Kournakoff, *Bulletin de la Société minéralogique impériale*, 1893.

Un tube contenait le gaz émanant d'une fissure dans les couches houillères du puits « Capital » de la mine de Makeewka, à une profondeur de 60 sagènes, c'est-à-dire à une profondeur supérieure de 10 sagènes à celle à laquelle correspond l'analyse citée ci-dessus. L'échantillon fut recueilli au moyen de sondages pratiqués dans la couche de charbon.

L'autre tube contenait du gaz explosif des mines de MM. Rykowsky recueilli à une profondeur de 60 sagènes au moyen d'une sonde introduite dans la fissure de la couche de grès qui constitue le mur de la couche houillère très connue, appelée « Smolaninowosky », à une distance de 28-30 sagènes du puits 10. Dans la suite, après l'explosion survenue en 1891 dans les mines de MM. Rykowsky, M. Abramow, ingénieur des mines, m'envoya un deuxième échantillon de grisou.

On en fit l'analyse dans l'appareil de Doyère avec un régulateur permettant de mesurer les volumes indépendamment des variations de température et de pression du milieu ambiant (1).

Pour produire les explosions, on employa les excellentes pipettes de Salé-Bunge avec le robinet. Avant l'explosion, on raréfie le mélange du gaz avec l'air en abaissant le vase destiné à régler la pression ; ensuite on fait passer une étincelle qui provoque l'explosion. Quand la pression du mélange est ainsi diminuée, l'inflammation ne provoque pas d'explosion violente ; par suite, tout danger est écarté. Toutes les mesures furent effectuées dans des tubes calibrés d'avance au mercure, en tenant compte des corrections.

Comme exemple, je citerai les nombres donnés directement par les analyses des deux échantillons de grisou.

(1) L'analyse de gaz (en russe). N. Bunge.

	MINES DE MAKEEWKA (Puits Capital).	MINES DE MM. RYKOWSKY (Puits 10).
On a pris de gaz.....	106,25 vol.	141,13 vol.
Volume après l'absorption de CO ²	105,24	140,71
Proportion de CO ²	1,01 v. ou 0,95 %	0,42 v. ou 0,29 %
Volume après l'absorption d'oxygène par l'acide py- rogallique.....	101,51	129,28
Proportion d'oxygène.....	3,68 v. ou 3,46 %	11,23 v. ou 8,09 %
Volume employé du gaz après l'absorption de l'o- xygène.	12,27	21,23
Volume de l'air ajouté....	152,50	139,87
Total des volumes de gaz et d'air.....	164,77	161,10
Volume après l'explosion ..	148,12	136,70
Volume après l'absorption de CO ²	139,77	124,61
Réduction du volume après l'explosion = V ₁	16,65	24,87
Volume d'acide carbonique produit pendant l'explo- sion = V ₁	8,35	12,09
$n = \frac{V_1}{V_2}$	0,5015	0,486
Proportion de CH ⁴	65,05 %	52,17 %

Les variations observées pour $n = \frac{V_1}{V_2}$ par rapport à sa valeur théorique de 0,5 ne dépassent pas les limites d'erreurs admissibles, puisqu'elles ne sont tantôt en plus, tantôt en moins que de 0,014 au maximum. Ainsi par exemple, dans le gaz de Makeewka, on calculerait $\frac{0,0015}{0,05} = 0,3 \%$ et dans le gaz des mines de MM. Rykowsky $\frac{0,014}{0,05} = 2,8 \%$ de H libre, ce qui concorde complètement avec les calculs, cités ci-dessus, effectués par S. A. Przybytek.

En faisant la moyenne des données de plusieurs analyses, la composition des trois échantillons de gaz explosif des mines du Donetz que j'ai étudiés s'exprime par les nombres suivants :

	CO ²	CH ⁴	O	N
Mines de Makeewka, puits « Capital », niveau 130 mètres.....	1,04	64,91	3,60	30,45
Mines de MM. Rykowsky, puits 10, échantillon envoyé par M. N. Kotzowsky	0,29	51,96	8,09	39,66
Gaz explosif des mêmes mines envoyé par l'ingénieur des mines Abramow après l'explosion de 1891.....	0,57	61,08	3,81	34,54

Comme on le voit, les échantillons analysés se ressemblent entre eux. Si on prend en considération que l'oxygène et une partie de l'azote proviennent de

l'air qui s'y est introduit pendant l'opération, on trouve, comme éléments principaux du gaz explosif du Donetz, le méthane et l'azote avec un peu d'acide carbonique. On sait que les mêmes éléments caractérisent le grisou des houillères de l'Europe occidentale (1).

A mesure que l'on pratique des forages de plus en plus profonds, la proportion du méthane augmente. Ainsi, par exemple, pour les mines de Makeewka en 1888, à la profondeur de 107 mètres, les gaz analysés contenaient 13,6 % et 20,8 % CH_4 ; des échantillons recueillis en 1890, à la profondeur de 130 mètres, en contenaient 64,91 %; en 1894, pendant le fonçage du puits « Serguei », je recueillis dans les trous de mines du gaz explosif : ce gaz contenait une certaine quantité de CH_4 qu'on détermina avec la burette de Le Chatelier d'après la méthode d'inflammabilité, et cette quantité fut trouvée égale à 95 %.

En 1898, la commission d'enquête pour la ventilation des mines du Donetz recueillit un échantillon de gaz explosif dans une fissure de la galerie principale, orientée au nord-est du puits « Iwane » des mêmes mines de Makeewka (actuellement Société Roussko-Donetzky) à une profondeur de plus de 200 mètres.

L'analyse de cet échantillon fut faite par moi et par M. N.-F. Borchert dans le grisoumètre Coquillon Schondorff, construit d'après le type créé par le Dr Brokmann dans le laboratoire de recherches sur le gaz explosif à Bochum. Cet appareil possède un régulateur très sensible de la température, et il donne des résultats très précis. L'analyse a fourni les nombres suivants :

(1) Le Chatelier, *Le Grisou*, p. 14 ; Schloesing, *Annales des Mines*, 9^e série, tome XI, p. 5.

1° 484,75 vol. de gaz, après avoir été attaqués par la potasse caustique, donnèrent une diminution de 0,75 vol. (0,15 % CO^2).

2° 14,75 vol. du gaz restant après la détermination précédente de CO^2 furent mélangés dans le grisoumètre à de l'air exempt de CO^2 , jusqu'à ce qu'on ait 492,25 vol.

La diminution du volume (V_2) après la combustion fut de 28,29 vol. et la quantité (V_1) de CO^2 qui s'est formée est égale à 14,25 vol., la proportion $\frac{V_1}{V_2} = 0,504$.

D'après ces données, on évalue la composition du gaz explosif du puits « Iwane » (août 1898) de la manière suivante :

CO^2	0,15 %
CH^4	96,48
$\text{O} + \text{N}$	3,37 (par différence)

Les résultats cités ci-dessus d'analyses faites d'après trois méthodes différentes, sur des échantillons recueillis à des époques et à des profondeurs diverses, démontrent bien que le corps inflammable qui entre dans la composition du grisou des houillères du Donetz n'est que du méthane pur (CH^4). Les quantités d'hydrogène et d'hydrocarbures lourds, qui peuvent entrer dans la composition de ce gaz, sont tellement insignifiantes qu'elles ne dépassent pas les limites des erreurs qui se commettent dans l'analyse des gaz.

M. le PRÉSIDENT charge M. H. Le Chatelier de transmettre à M. Kournakow, les remerciements et les félicitations du Congrès pour son intéressant travail.

Explosifs de sûreté.

Par M. J.-B. MARSAUT, ingénieur en chef des Mines
de Bessèges.

M. J.-B. MARSAUT. — Ayant été le promoteur de la discussion tendant à modifier la réglementation française de 1890 relative à l'emploi des explosifs de sûreté dans les mines à grisou, je voudrais, à l'occasion de ce Congrès, préciser les raisons qui m'ont déterminé à poursuivre cette modification en vue d'en montrer la réelle utilité.

Nul plus que moi n'apprécie la valeur et l'intérêt des beaux travaux de MM. Mallard et Le Chatelier, des commissions françaises du grisou, et des substances explosives ; grâce à leur science, à leurs recherches, à leurs découvertes, nous connaissons maintenant le phénomène du retard à l'inflammation du grisou, l'importance de la température de détonation des explosifs, celle du bourrage des coups de mines ; nous savons que les explosifs de sûreté à petites charges n'allument pas ou tout au moins n'allument que très difficilement le grisou, qu'au-delà d'un certain poids d'explosifs on n'a plus la même garantie. Il est bien évident que nous devons profiter de tous ces enseignements, et appliquer les règles qui en découlent dans la mesure la plus large possible ; personne ne le contestera. Mais malheureusement, il arrive que la température de détonation des explosifs croît avec leur force, que la nécessité de n'employer que des explosifs à basse température, de ne procéder que par petites charges dans les mines à grisou, annihile le progrès considérable réalisé dans ces derniers temps avec les explosifs, et que surtout elle oblige à multiplier les opérations dangereuses multiples inhérentes à l'usage des explosifs, de quelque nature qu'ils soient.

De là l'utilité de rapprocher les avantages et les inconvénients présentés par les nouveaux explosifs pour déterminer ce qu'il convient de faire dans chaque cas particulier au point de vue de la sécurité des ouvriers, étant bien entendu que celle-ci doit primer toutes considérations économiques. C'est ce que nous avons fait pour la mine de Bessèges.

La statistique des accidents résultant de l'emploi des explosifs dans la période juin 1870 à avril 1900, c'est-à-dire pour 30 années et pour une consommation totale de 640.362 kilogrammes de poudres, accuse 92 accidents dont les causes sont indiquées ci-dessous :

Forage des coups de mine.....	13
Amorçage	2
Bourrage ou chargement des coups de mine	23
Débouillage des coups ratés.....	7
Reforage ou rencontre des culots inexplodés	12
Rechargement des coups ayant fait canon.	3
Explosion prématurée.....	8
Retour trop prompt des ouvriers au chantier	5
Projection de blocs de rocher.....	2
Causes diverses.....	17
Inflammation du grisou par les explosifs...	»
Total.....	92

Et les conséquences :

12 morts	13,04 %	} 22,82 %
4 aveugles	} 9,78 %	
1 amputé des deux mains....		
1 amputé d'une main.....		
3 estropiés ou complètement infirmes.....		
16 pensionnés pour incapacité partielle de travail	17,39 %	
55 indemnes.....	59,79 %	

En résumé, 21 accidents très graves, soit 13 % de morts par accident d'explosif et près de 10 % d'estropiés.

Une statistique analogue dressée pour le Gard par M. Verlant, ingénieur au Corps des Mines, dans la période de mars 1885 à juillet 1897, c'est-à-dire sur environ 13 années, accuse 53 accidents dus aux explosifs et aux causes suivantes :

Amorçage.....	8
Bourrage.....	9
Débourrage des coups ratés.....	11
Reforage des culots.....	5
Rechargement des coups ayant fait canon..	3
Explosion prématurée.....	3
Retour trop prompt des ouvriers au chantier	5
Projection de blocs de rocher.....	4
Causes diverses.....	5
Inflammation du grisou par les explosifs...	»
Total.....	53

L'examen de ces statistiques, comprenant la période de liberté entière antérieure à la réglementation de 1890, nous a porté à conclure que, tout au moins pour le Gard, l'emploi des explosifs même puissants et en fortes charges dans les mines à grisou n'était peut-être pas aussi inquiétant au point de vue des inflammations qu'on le pense généralement, tout en nous confirmant que leur usage, quelle que soit leur nature, est d'un autre côté essentiellement dangereux pour les ouvriers. De là la thèse que nous avons soutenue : que, ne pouvant se passer d'explosifs dans certaines mines à grisou, il convenait de réduire, avec le nombre des coups de mine, la multiplicité des situations dangereuses auxquelles ils exposent toujours le personnel,

en employant les explosifs les plus puissants et en fortes charges.

Et cela nous paraît d'autant plus indiqué qu'on peut toujours, par l'examen préalable de l'atmosphère ambiante, se mettre en sécurité au regard du grisou, tandis qu'on demeurera toujours impuissant à annihiler les autres causes d'accidents d'explosifs.

Cette thèse a été combattue par l'argument ordinaire de l'intérêt pécuniaire des exploitants et par une statistique des accidents *mortels* survenus dans l'ensemble des mines de France de 1877 à 1899. Il résulte de cette statistique générale que le quantum proportionnel des accidents dus à toutes causes n'a pas beaucoup changé dans l'ensemble, mais que, dans les 8 dernières années, depuis l'application de la circulaire de 1890, le nombre des accidents *mortels* dus au grisou a été presque nul, tandis que, dans les 8 années antérieures, il avait été de 2 pour 10.000 ouvriers. Cet heureux résultat est attribué avec juste raison aux perfectionnements de l'aérage, de l'éclairage, à l'analyse et au jaugeage systématiques des courants d'air et aux explosifs de sûreté. Il nous paraît qu'il faudrait ajouter à ces éléments bien réels de l'amélioration constatée un autre facteur d'importance capitale : celui de l'accroissement du contrôle et de la surveillance de l'administration des mines qui a quelque peu secoué les insoucients et appelé l'attention de tous sur les dangers du grisou en présence des explosifs.

Quelle peut bien être la part des explosifs de sûreté dans cette amélioration ? Il n'est pas facile de la préciser et de sortir à cet égard du simple domaine des présomptions.

Cette statistique générale, limitée aux accidents mortels, ne peut d'autre part rien démontrer en ce qui concerne la préférence à donner aux explosifs puissants

et aux fortes charges. A cet égard, il eût mieux valu réunir tous les accidents dus aux explosifs ayant tué, aveuglé, éborgné ou estropié des ouvriers. Comme dans le Gard, cette statistique aurait sans doute montré combien l'usage des explosifs, quels qu'ils soient, expose les ouvriers, et combien il importe de diminuer le nombre des opérations dangereuses qu'il exige. Dans l'incertitude de la statistique et jusqu'à nouveaux éléments démonstratifs, ne doit-on pas se laisser guider, en cette matière, par le simple bon sens ?

L'administration des mines, tenant compte des craintes exprimées et des présomptions exposées, vient d'ailleurs de modifier la réglementation de 1890 dans le sens du progrès et, nous croyons pouvoir dire jusqu'à preuve du contraire, de la sécurité du personnel des mines. Tout ce que les ingénieurs praticiens soucieux de leur charge peuvent maintenant souhaiter, c'est que les services d'arrondissements miniers, mettant en œuvre la faculté qui leur est laissée par la circulaire ministérielle de décembre 1899, veuillent bien interpréter largement cette circulaire dans toutes les circonstances où les dérogations autorisées peuvent être utiles.

Classification des mines au point de vue de la résistance qu'elles opposent à la ventilation.

PAR M. HANARTE, ingénieur civil des Mines.

M. G. HANARTE. — Ceux qui débutent dans l'étude de la ventilation ne peuvent comprendre, avec juste raison, que l'on ait besoin en aéro-dynamique plus qu'en hydro-dynamique d'avoir recours à un moyen terme de comparaison pour caractériser une mine qui en somme constitue un réseau de conduites d'air.

Si en hydraulique l'on veut caractériser une conduite d'amenée ou de refoulement d'eau, l'on dit qu'elle absorbe, soit depuis la source jusqu'à l'orifice du débit, soit depuis la pompe jusqu'au réservoir, n mètres de différence de niveau pour un volume Q débité. Le régime de cette conduite est donc ainsi parfaitement caractérisé, et l'on sait que si l'on devait y faire passer un volume double $2Q$, la perte de charge n (en mètres) serait quatre fois plus grande. Que deviendrait cette clarté si, au lieu d'exprimer simplement le frottement de l'eau en mètres de perte de charge n , nous disions que le frottement de l'eau dans cette conduite équivaut à celui d'un orifice en mince paroi d'une surface O ?

C'est pourtant ce que l'on fait quand il s'agit de caractériser une mine ou un réseau de conduites d'air; il est facile de concevoir l'obscurité que l'on peut, sans exagération, qualifier de prodigieuse, qui résulte de la classification des mines par l'orifice en mince paroi équivalent à la résistance de la mine, surtout si on compare cette méthode à la méthode de classification rationnelle basée sur l'unité de volume, l'unité de perte de charge exprimée en kilogrammètres, que nous exposerons plus loin.

Si la conception pourtant si ingénieuse de M. Murgue doit être rejetée *comme moyen rationnel de classification parlant directement à l'esprit*, elle peut néanmoins avoir son application dans la pratique comme *moyen de contrôle, à l'instar du frein de Prony* pour constater la puissance dynamique développée par un ventilateur. Mais il faut pour cela être d'accord sur le coefficient moyen à adopter pour la contraction du fluide par son passage à travers l'orifice en mince paroi.

Certains ingénieurs de Belgique ayant nié les lois de la contraction de l'air, c'est-à-dire le travail absorbé ou la dépression résultant du passage du fluide à travers

un orifice en mince paroi de dimensions déterminées, nous consultâmes M. Murgue, l'auteur de la méthode, qui ne put nous donner de renseignements, n'ayant pas, nous disait-il, essayé de rendre tangibles les effets dus à l'orifice.

Bien que le moyen de comparaison idéal des mines, proposé par M. Murgue, n'ait pas été déterminé expérimentalement par lui, nous croyons pouvoir tirer, de nombreux essais faits par nous, la valeur de 0,67 comme coefficient moyen pour les diverses dimensions et formes des ouvertures en mince paroi à la pression barométrique de 0^m,76 de mercure et à la température de 20° C.

Dans ce cas, si l'on appelle O l'orifice et Q le volume, il faut pour faire passer un volume Q à travers un orifice O un travail en kilogrammètres de $0,1338 \times \frac{Q^3}{O^3}$; c'est à peu près le terme adopté par M. Haton de la Goupillière qui est de $0,14 \frac{Q^3}{O^3}$.

De la classification rationnelle. — Comme nous l'avons déjà démontré dans diverses publications antérieures, l'idée de classement des mines par leur tempérament constant $\theta = \frac{Q^3}{h}$ est due à M. Guibal; ce terme de comparaison qui, si on l'analyse, indique le carré du frottement, n'est pas assez concret pour servir de terme de comparaison, et parle moins à l'esprit même que la conception de M. Murgue; et comme celle-ci il n'indique pas la résistance à la ventilation en kilogrammètres, mais si au contraire l'on désigne tout simplement les mines par des *numéros* d'ordre indiquant le nombre de mètres cubes produisant dans ces mines l'unité de dépression (1 millimètre d'eau) par seconde, la caractéristique des mines ainsi classées est d'une clarté absolue.

Si je dis qu'une mine a le N° 1, je saurai de suite qu'un seul mètre cube y produit un millimètre de dépression, et exige pour y circuler un kilogrammètre de travail par seconde. 20 mètres cubes par seconde subiront dans la même mine 20×20 , soit 400 millimètres de dépression, et exigeront un travail utile de 20×400 , soit 8.000 kilogrammètres, ou 106,6 chevaux.

Dans la mine N° 4 par exemple, 4 mètres cubes subiront un millimètre de dépression, et 20 mètres cubes, c'est-à-dire un volume 5 fois plus grand, subiront 25 millimètres de dépression et exigeront 20×25 , soit 500 kilogrammètres, ou 6,6 chevaux de travail utile.

Quelle est la formule à employer pour trouver le numéro d'ordre d'une mine quelconque ?

Elle est très facile à déterminer si l'on considère que les numéros d'ordre (représentant les volumes entrés par seconde dans la mine, et y produisant 1 millimètre de dépression) élevés au carré sont à 1 millimètre, comme un volume quelconque Q, élevé au carré, est à la dépression H qu'il produit. On a donc :

$$(\text{Numéro})^2 : 1^{\text{mm}} = Q^2 : H$$

d'où

$$\text{Numéro} = \sqrt{\frac{Q^2}{H}} = \frac{Q}{\sqrt{H}}$$

Il suffira donc de diviser le volume qui aura passé dans la mine par la racine carrée de la dépression, et l'on aura le N° de classification de la mine considérée.

Nous donnons ci-après un tableau de classification des mines depuis le N° 1 jusqu'au N° 7. Il est évident que dans certains cas le N° de la mine pourra être inférieur à l'unité ; il pourra être N° 0,500 ou N° 0,800 lorsque cette mine consistera en travaux préparatoires ; c'est-à-dire que 500 litres ou 800 litres seulement y seront déprimés de 1 millimètre.

Le N° de la mine pourra être un intermédiaire entre les N° du tableau comme aussi être supérieur au N° 7 ; ce sera le cas pour des mines très larges comme on en trouve en Angleterre ou en Amérique.

Par l'inspection du tableau, et même par un simple petit calcul mental, l'on verra quelle puissance de ventilateur il faudra employer pour faire passer un volume déterminé dans une mine d'un N° quelconque.

Comme annexe à cet essai de classification, nous croyons utile de faire suivre quelques considérations sur la manière de relever les facteurs Q et H nécessaires

pour fixer le numéro $\frac{Q}{\sqrt{H}}$ d'une mine quelconque.

ANNEXE

DE LA MESURE DES FACTEURS NÉCESSAIRES A LA CLASSIFICATION RATIONNELLE DES MINES

Mesure de volume. — L'on ne pourra exactement mesurer le volume Q d'air atmosphérique entré dans la mine qu'en mesurant le volume d'air qui sort à la cheminée, parce qu'alors il est nécessairement ramené à la pression atmosphérique, tandis que si on le jaugeait dans la galerie adductrice ou chambre d'air, où il arrive déprimé par la perte de charge que lui a fait subir la mine, il aurait acquis un volume dont l'augmentation serait proportionnelle à sa dépression, à moins de tenir compte de cette augmentation de volume.

Il serait bon aussi de mesurer la température de l'air, si la mesure du volume se fait dans la chambre adductrice, et d'en tenir compte, les volumes étant proportionnels aux températures absolues.

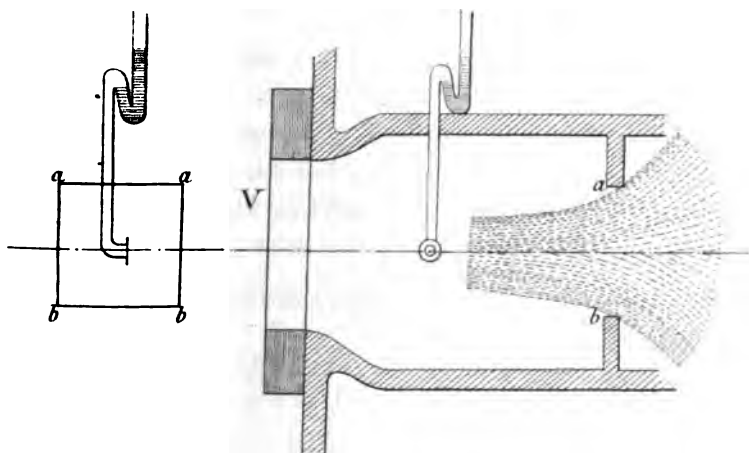
Mesure de la dépression ou perte de charge. — Passons maintenant à la mesure de la perte de charge, ou dépression H, que l'air a subie.

Certains auteurs ont imaginé tout un système d'hypo-

thèses pour déterminer ce qu'ils appellent la dépression statique.

Nos expériences nous ont démontré avec la plus grande évidence que cette dénomination n'avait pas sa raison d'être en aéro-dynamique où toutes les expériences doivent être exécutées sur le fluide en mouvement.

Ces auteurs, s'appuyant sur les données de cette soi-disant dépression statique, arrivent à la conclusion absurde que la perte de charge H , ou dépression, facteur du travail utile $Q H$, doit être mesurée face au courant comme si l'air éminemment compressible ne changeait pas de densité par le choc.



D'après nos expériences dont les résultats sont tout à fait en concordance avec les propriétés de l'air et des gaz, la mesure de la dépression H qu'a subie l'air, *doit se faire avec l'ouverture du tube manométrique placée parallèlement à la direction du courant*. Le manomètre ne donnera aucune indication exacte si l'on place l'ouverture face au courant, dos au courant ou dans tout autre position intermédiaire.

Nous engageons MM. les ingénieurs à vérifier l'exactitude de ce que nous énonçons par les expériences suivantes :

1° Preuve de la manière exacte, formulée ci-dessus, de lever la dépression, au moyen d'une résistance constituée par un orifice en mince paroi.

Nous pourrions constituer notre résistance par un ajutage quelconque, mais il est préférable d'attirer l'air à travers un orifice en mince paroi qui produit sur lui une dépression plus grande. Supposons qu'au moyen d'un ventilateur V nous ayons attiré à travers un orifice en mince paroi de section carrée de 1 mètre (a b) un volume de 30 mètres cubes par seconde d'air atmosphérique. Il est évident que cet air se sera déprimé ou aura changé de densité et de pression d'une quantité connue H d'après les lois de l'aéro-dynamique.

Si l'on adopte le coefficient de contraction de 0,65 admis par MM. d'Aubuisson, Murgue, etc., si, d'autre part, l'on adopte comme ce dernier la valeur pratique pour le poids moyen de 1 mètre cube d'air :

$\omega = 1^{\text{kg}},20$ à la température moyenne,
l'on aura

$$Q = 0,65 \square \sqrt{2g \frac{H}{\omega}}$$

d'où

$$H = 0,14 \left(\frac{Q}{\square} \right)^2$$

pour nos 30^{m³} traversant l' $\square$ de 1^{m²} :

$$H = 0,14 \left(\frac{30}{1^{\text{m}^2}} \right)^2 = 126^{\text{mm}}.$$

Ce sera la dépression que devra constater le manomètre puisque c'est celle qu'aura subie l'air atmosphérique en traversant le guichet en mince paroi; tout

autre indication du manomètre *démontrera péremptoirement que l'ouverture du tube n'est pas placée convenablement.*

Cette épreuve sera la plus concluante à cause de la grande vitesse que prend l'air à travers le guichet, vitesse qui fait dévier l'indication du manomètre proportionnellement à son carré.

2° Preuve par le N° même de la mine.

Le N° d'une mine étant constant, l'on doit, à toutes les vitesses du ventilateur, retrouver le même N° ou rapport $\frac{Q}{\sqrt{H}}$, ou bien le même rapport entre le nombre de tours Net la dépression ; soit $\frac{N}{\sqrt{H}} = \text{constante}$, les volumes étant toujours proportionnels aux nombres de tours.

Supposons une mine N° 1, où 10 mètres cubes sont débités à 100 tours et déprimés de 100 millimètres d'eau. Si je fais marcher le ventilateur à 300 tours, je devrai avoir 900 millimètres de dépression et un volume de 30 mètres cubes. Si cette dépression de 900 millimètres n'est pas indiquée par le manomètre, c'est qu'il y a eu erreur dans la mesure du nombre de tours ou dans la mesure du volume, ou bien encore que l'ouverture du tube manométrique n'est pas placée parallèlement à la direction du courant car la relation $\frac{Q}{\sqrt{H}}$ ou $\frac{N}{\sqrt{H}}$ doit toujours être constante.

Si dans l'essai avec l'orifice en mince paroi l'on ne voulait tenir aucun compte du coefficient de contraction et ne faire aucun calcul, l'on pourrait également noter la dépression h produite à un petit nombre de tours n ; à la vitesse maxima N l'on devrait trouver aussi, *si le manomètre a son ouverture bien placée* une dépression H telle que :

$$\frac{n}{\sqrt{h}} = \frac{N}{\sqrt{H}}$$

Supposons qu'à 20 tours j'ai trouvé dans l'air, aspiré à travers l'orifice, 9 millimètres de dépression, à 200 tours le manomètre devra marquer 900 millimètres de dépression d'eau, c'est-à-dire 100 fois plus, car

$$\frac{20}{\sqrt{9}} = \frac{200}{\sqrt{900}} = 6,666.$$

Si les nombres de tours équivalaient à des mètres cubes, l'orifice équivaldrait à une mine N° 6,666, c'est-à-dire que 6,666 litres s'y déprimeraient de 1 millimètre par seconde.

M. P. PETIT analyse l'étude qu'il a présentée au Congrès sur l'*Aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou* (1).

Prétendues explosions tardives.

Par M. SCHMERBER, ingénieur des Arts et Manufactures.

M. H. SCHMERBER. — L'attention des mineurs français ayant été attirée dans ces dernières années sur de prétendues explosions tardives attribuées aux explosifs à haute teneur en nitrate d'ammoniaque, nous croyons utile de résumer ici les recherches auxquelles cette accusation a donné lieu, et d'établir les conclusions auxquelles on est arrivé.

Il nous faut toutefois expliquer tout d'abord ce qu'on entend par « explosion tardive » et rappeler comment la question a été soulevée.

Pendant les premières années qui ont suivi la mise en usage en France des explosifs à basse température de détonation (Grisoutines - Dynamites, Grisounites

(1) Voir le rapport : *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, 3^e série, tome XIV, 1900, 3^e livraison, 2^e partie, p. 481.

Favier, Poudres au Coton, etc.), le service des Mines de Saint-Etienne a attribué quelques-uns des rares accidents qui se sont produits, à ce qu'il appelait alors des « doubles détonations ». Il prétendait que, dans une mine chargée de plusieurs cartouches, il pouvait arriver que la première détonât d'abord sous l'influence de la capsule, et que les autres ne détonassent qu'ensuite, à un intervalle variant de quelques secondes à plusieurs minutes.

Le cas fut soumis à la Commission du grisou qui demanda un rapport à M. Sarrau, l'éminent ingénieur des poudres et salpêtres, membre de l'Institut.

Dans son remarquable travail, qui a été publié dans les *Annales des Mines*, M. Sarrau passe en revue les différents cas de détonations retardées signalés à l'attention de la Commission, et, tout en constatant combien les renseignements donnés manquaient de précision, il explique la possibilité théorique de détonations retardées par la transformation possible de la décomposition fusante en décomposition explosive. Par suite de défectuosité de l'amorçage ou de l'amorce, une charge peut s'enflammer et fuser lentement au lieu de détoner; c'est ce que M. Sarrau appelle *un raté de détonation*. Sous l'influence de la tension des gaz ainsi produits et de l'augmentation de la température, la décomposition fusante peut se transformer en une réaction explosive : c'est la *détonation retardée*.

Quant aux *doubles détonations* d'abord incriminées, il n'en est même pas question sous la plume du savant spécialiste, ce phénomène étant aussi inadmissible en théorie qu'en pratique.

En supposant donc que les différents cas signalés à la Commission du grisou soient réellement dus à des détonations tardives et non à des imprudences malheureusement trop fréquentes, il semble bien difficile

d'admettre d'autres hypothèses et d'autres explications que celles données par M. Sarrau.

Malgré la conclusion peu encourageante de son travail où il est dit que « la possibilité de reproduire à « volonté des circonstances qui se sont présentées si « rarement dans le service des mines, semble trop « faible pour avoir recours à l'expérimentation », nous avons pensé qu'il y avait un intérêt de premier ordre à chercher à réaliser expérimentalement ces phénomènes de détonations tardives, en nous appuyant sur les idées théoriques émises par lui.

Ce qui importait d'abord, c'était d'arriver à provoquer la décomposition fusante, afin de voir si elle se transforme, à un moment donné, en réaction explosive.

L'explosif choisi pour ces expériences fut la grisou-nite Favier pour couche, composée de 4,5 % de trinitronaphtaline et de 95,5 % de nitrate d'ammoniaque.

Il était toutefois indispensable, pour arriver à obtenir des ratés de détonation, d'en augmenter les chances en modifiant les conditions normales de l'emploi de l'explosif, sans quoi les probabilités de réussite eussent été à peu près nulles.

Trois moyens s'offraient pour arriver à ce résultat :

1° Diminuer l'ébranlement initial de la matière en expérience, en faisant usage de capsules amorces de plus en plus faibles, jusqu'à ce qu'on arrive au point limite où l'explosion ne se produit plus ;

2° Augmenter la compression des cartouches employées, en profitant de la propriété bien connue des explosifs de sûreté de s'insensibiliser avec la compression ;

3° Augmenter la proportion de nitrate d'ammoniaque dans le mélange.

C'est surtout le troisième procédé qui a été employé, en le combinant plus ou moins avec les deux autres, ce qui facilitait l'emploi d'amorces assez fortes pour pouvoir produire l'inflammation de la charge sans la faire détoner. On a constitué ainsi, en augmentant la proportion de nitrate d'ammoniaque dans l'explosif normal, une gamme de 15 mélanges ayant une teneur en nitrate variant de 95,50, à 99 %, et une proportion de trinitronaphtaline allant de 4,50 à 1 %.

Enfin, pour être complet, nous devons signaler d'autres tentatives de détonation faites en employant comme détonateur, au lieu de fulminate, une petite quantité d'un autre explosif, tel que la poudre noire ou le coton poudre.

Des essais préliminaires furent entrepris afin de fixer les limites de détonation initiale pour chaque composé. On s'est servi dans ce but, d'un appareil composé d'un bloc de fer dans lequel s'emboîtait à force un tube de même métal de 30 millimètres de diamètre et de 50 centimètres de longueur, figurant le coup de mine. On introduisait la charge au fond du tube, on bourrait énergiquement et l'on faisait détoner l'amorce de fulminate soit à la mèche, soit à l'électricité. En notant les numéros des poudres qui cessaient de détoner avec les différentes capsules de fulminate, on arrive à tracer une courbe représentative de la limite de sensibilité de cette série de poudres à l'action du fulminate.

Grâce à ce procédé, on connaissait ainsi une certaine zone de sécurité indiquant, pour chaque numéro de capsules, le numéro de la poudre pouvant être soumis aux expériences, ce qui permettait d'éviter les détonations instantanées qui auraient détérioré les appareils.

Il est à remarquer qu'aucun de ces nombreux essais

(leur total a dépassé 130) n'a donné d'explosion tardive, bien que tous ceux qui ont donné des ratés ou des détonations incomplètes se soient trouvés dans les conditions voulues pour produire la décomposition fusante.

L'appareil dont on s'est servi pour les recherches définitives est analogue à celui employé pour les premiers essais. Toutefois, pour éviter le refroidissement des gaz et se rapprocher le plus possible des conditions de la pratique, l'appareil était chauffé par un dispositif spécial et les cartouches à expérimenter étaient entourées d'une gaine de poussier de charbon comprimé.

Bien qu'on se trouvât ainsi dans des conditions éminemment favorables pour produire une décomposition fusante suivie ou non d'explosion, on n'y est jamais arrivé.

Toutes ces expériences ayant été faites en vase clos, pour rester le plus possible dans les conditions où se trouve la charge dans le trou de mine, on pouvait objecter que, avec cette manière d'opérer, la décomposition fusante était difficile à obtenir, puisque sous pression elle est généralement remplacée par la décomposition détonante.

Cette objection nous fut également faite par M. Sarrau qui nous conseilla de recommencer nos essais sans bourrage.

Ces nouveaux essais furent faits avec les mêmes mélanges, soit en plaçant les cartouches à l'air libre, soit avec des charges recouvertes d'une légère couche de sable, soit enfin dans des tubes de fer sans aucun bourrage.

On tâcha également de provoquer la décomposition des mélanges, soit avec des capsules à charge limitée, soit avec de la poudre noire.

Malgré le nombre et la durée de ces expériences,

prolongées pendant plus d'une année, on obtint toujours soit une détonation initiale, soit un raté complet, mais jamais de décomposition fusante ; il fut donc absolument impossible de produire une seule détonation retardée.

A la suite d'un accident survenu aux mines du Plat de Gier, le 9 novembre 1896, dans des circonstances absolument obscures, la Commission du Grisou suscitait, de son côté, des expériences suivies sur le mode de décomposition des grisounites, afin d'être enfin définitivement fixée sur la question des détonations retardées.

Ces expériences eurent lieu avec l'autorisation du Ministre de la Guerre à la Poudrerie Nationale d'Esquerdes sous la haute surveillance de M. Billardon, ingénieur en chef, et sous la direction de M. Patart, ingénieur des poudres et salpêtres.

Le but des expériences était, comme le dit M. l'inspecteur général Sarrau, dans un second rapport à la Commission du Grisou, de rechercher s'il était possible de réaliser expérimentalement sur les grisounites Favier, le mode de fonctionnement explosif qu'il avait signalé dans son premier rapport, et qui paraissait susceptible d'expliquer les explosions dites retardées, auxquelles les accidents ont été attribués.

Il fallait donc chercher à produire tout d'abord la décomposition fusante, puis, celle-ci obtenue, chercher à produire sa transformation en décomposition explosive.

Les explosifs soumis aux essais ont été la grisounite-couche et grisounite-roche, cette dernière composée de 8, 5% de binitronaphtaline et de 91, 5% de nitrate d'ammoniaque.

En cherchant à réaliser la décomposition fusante, MM. les ingénieurs d'Esquerdes ont prouvé, une fois

de plus, que l'inflammation à l'air libre des explosifs soumis aux essais est très difficile à obtenir. Quelque soit le mode employé, l'inflammation des grisoutines Favier prend toujours fin dès que la source de chaleur vient à être supprimée.

On chercha alors à obtenir la décomposition fusante sous bourrage léger et sous bourrage énergique. A cet effet, on plaçait la cartouche au fond fermé d'un tuyau de cuivre de 50 centimètres de longueur que l'on remplissait soit de sable, soit de glaise énergiquement tassée et que l'on soumettait ensuite à un feu vif. On obtient ainsi un dégagement de fumées blanches indiquant la décomposition fusante, mais celle-ci s'arrêtait dès que la source de chaleur n'existait plus, et jamais elle ne put être transformée en réaction explosive.

Enfin, MM. Billardon et Patard cherchèrent eux aussi à se placer dans les conditions usuelles de l'emploi des explosifs. Ils se servirent à cet effet d'un appareil composé d'un cube muni, à ses deux extrémités de brides, de contrebrides et de boulons de serrage. L'amorçage des cartouches était fait soit avec quelques grammes de poudre noire, soit avec de faibles détonateurs au fulminate, soit encore avec des amorces plus faibles à mélange de fulminate de mercure et de chlorate de potasse. On fit aussi des essais sur des cartouches fortement comprimées, en un mot, on appliqua à nouveau les deux premiers modes d'opérer que nous avons indiqués plus haut.

Dans toutes ces expériences, on n'a pas pu produire une seule décomposition fusante, *a fortiori* aucune « explosion retardée ».

M. Patard, dans son rapport sur ces essais, s'exprime ainsi :

« Les explosifs dont il s'agit se sont montrés dans
« ces expériences, particulièrement rebelles à ce mode
« spécial de décomposition, même quand on fait
« usage de moyens notablement plus énergiques et
« plus efficaces que ceux auxquels on peut assimiler
« les procédés d'amorçage industriellement employés. »

« Dès lors, il n'apparaît pas que les accidents cons-
« tatés puissent être attribués à des propriétés parti-
« culières des explosifs employés, mais à des circons-
« tances autres, dont les opérateurs se sont peut-être
« incomplètement rendu compte, susceptibles de se
« produire avec tout autre explosif plus naturellement
« encore qu'avec ceux dont il s'agit ».

Partant de cette indication de M. l'ingénieur Patard, nous avons cru devoir recommencer avec les autres explosifs employés dans les charbonnages de France et de l'étranger les expériences faites avec les grisounites Favier, qui avaient été d'abord choisies à cause de leur teneur élevée en nitrate d'ammoniaque.

Cette nouvelle série d'essais a porté sur les grisounites-dynamites, les poudres au coton octonitrique, la dahménite (nitrate d'ammoniaque : 91,3, naphtaline : 6,5, bichromate de potasse : 2,2) ; la poudre de Cologne Rothwiller (nitrate d'ammoniaque : 93, huile végétale : 4,9, soufre : 1,2, nitrate de baryte : 0,9) ; la progressite (nitrate d'ammoniaque : 95, nitrate d'aniline : 5).

Ces expériences ont montré que, pour quelques-uns desdits explosifs, et notamment pour celui au coton, il était relativement facile d'obtenir des décompositions fusantes ; mais avec aucun, quelles qu'aient été les conditions de l'expérience, qu'on agisse à l'air libre, ou sous faible bourrage, ou sous bourrage énergique, il n'a été possible d'obtenir la transformation en réaction explosive de la décomposition fusante.

A la suite des expériences d'Esquerdes, M. l'ingénieur en chef Chesneau, secrétaire de la Commission du grisou, s'exprimait ainsi :

« Ces expériences prouvent en résumé que la décomposition fusante des explosifs à basse température de détonation peut se produire, très difficilement d'ailleurs, notamment sous l'action d'une amorce trop faible, mais que, dans aucun cas, elle ne se transforme en décomposition explosive. »

On doit donc admettre, avec tous les spécialistes, que les détonations retardées, si elles ne sont pas inexplicables en théorie, ne peuvent guère exister en réalité.

Cette conclusion est d'ailleurs d'accord avec l'observation de M. l'inspecteur général Delafond qui fait remarquer dans son rapport qu'on a constaté seulement quelques décompositions fusantes sur seize millions de coups de mine. En admettant qu'il faille la même proportion de décompositions fusantes pour obtenir une détonation retardée, il faudrait plusieurs générations de mineurs pour pouvoir en constater une.

C'est cette consolante constatation qu'il nous a paru intéressant de communiquer au Congrès.

Emploi des explosifs de sûreté dans les mines grisouteuses.

Par M. CHALON, ingénieur civil.

M. P. CHALON donne lecture de la note suivante :

I. — Avantages et inconvénients des explosifs de sûreté.

L'inflammation du grisou résultant du tirage des mines peut se produire de deux façons :

1° Par contact avec les gaz chauds de la réaction et avec des matières incandescentes ou en ignition provenant de la charge;

2° Par le fait de la mèche employée à mettre le feu.

Actuellement, les accidents paraissent dus presque uniquement à cette seconde cause de danger, du moins en France, puisque les statistiques de 1892 à 1899 ne relèvent aucun accident attribuable aux charges, tandis qu'elles en mentionnent sept causés par l'usage des mèches.

Or, pour parer à ce danger, il n'y a qu'un remède, et un remède souverain, c'est l'emploi des amorces électriques.

Naturellement, les fabricants de mèches s'efforcent de retarder le plus possible le moment très prochain où la prétendue *mèche de sûreté* aura complètement disparu des mines grisouteuses, et leur remarquable ingéniosité se manifeste par des inventions très variées d'appareils allumeurs dits aussi de *sûreté*.

C'est d'abord la *mèche spéciale* qui brûle sans laisser échapper d'étincelles à travers son enveloppe; c'est encore l'allumeur à *globule de sodium* ou à *acide sulfurique et chlorate de potasse*, puis le *cordeau à étoupille*, l'*amorce à ressort*, le *pistolet allumeur*, etc.

Or, tous ces appareils, si ingénieux qu'ils soient, ne peuvent avoir et n'auront jamais qu'une existence éphémère parce qu'ils ne sont que des palliatifs et qu'aucun d'eux ne supporte la comparaison avec l'allumage électrique, le soul, je le répète, qu'on puisse appeler de *sûreté*.

Le fait n'est plus discuté; en Autriche, la mèche est prohibée dans les charbonnages à grisou, elle l'est également en Belgique. En France, la dernière

circulaire du Ministère des Travaux Publics, celle du 8 décembre 1899, tend à la proscrire; la prochaine circulaire la prohibera d'une manière absolue.

En ce qui concerne la mise à feu, la question semble donc nettement résolue; il n'en est pas de même au sujet des dangers qui résultent de la charge elle-même et la preuve en est dans cette innombrable variété d'explosifs auxquels les inventeurs attribuent tous, sans hésiter, la qualification de sûreté.

Non, il n'est pas vrai qu'il existe actuellement un seul explosif capable de donner la sécurité complète contre l'inflammation du grisou ou des poussières de charbon; et c'est pour cela que les gouvernements se sont trouvés dans l'obligation de protéger les exploitants de mine et de n'autoriser les explosifs de sûreté que dans certaines conditions et après des essais spéciaux.

Pour la préparation de ces substances, on peut dire qu'il existe deux formules : la *formule française* et la *formule allemande*. Les deux écoles sont d'accord sur ce point, à savoir : qu'il est nécessaire de refroidir, dans une certaine limite, les gaz de l'explosion; mais elles sont en désaccord quant aux moyens à employer pour obtenir ce résultat.

L'école française refroidit par un dégagement additionnel, aussi considérable que possible, de gaz non combustibles. L'école allemande procède tout autrement, elle abaisse la température en absorbant immédiatement une partie de la chaleur. En un mot, la première diffuse la chaleur, la seconde l'absorbe.

Les explosifs fabriqués en France, conformément aux prescriptions de la Commission du grisou, contiennent une forte proportion de nitrate d'ammoniaque, corps qui, en se décomposant, dégage un grand volume de gaz non combustible. Ce sont les *grisoutines*

et les *grisounites* ou *poudres Favier*. Le nitrate d'ammoniaque a encore un avantage : c'est un explosif ; mais il a quelques inconvénients. Ainsi, il est hygroscopique, il se prête mal à l'encartouchage ; enfin, il perd un peu d'ammoniaque par les alternances de temps secs ou humides, et il en résulte la formation d'une petite quantité d'acide qui peut altérer les composés nitrés avec lesquels il est en contact.

En Allemagne et en Autriche, on incorpore à l'explosif certains sels, tels que : le carbonate de sodium, l'oxalate d'ammonium, le sulfate de magnésium, etc., qui vaporisent leur eau de constitution et produisent, par ce fait, un abaissement de la température. Cependant, on fabrique depuis quelque temps de très bons produits à base de nitrate d'ammoniaque, c'est-à-dire qu'on semble disposé à donner la préférence à la formule française. Parmi les produits allemands, je citerai : les *grisoutites* ou *wetter-dynamit*, les *carbonites*, *dahménites*, *neu-westphalit*, poudre de Cologne-Rottweiler, etc.

En Belgique on est encore indécis, car on emploie aussi bien les grisoutines et grisounites françaises que les explosifs allemands ; cependant les grisoutites au sulfate de magnésie, qui ont été en faveur pendant quelque temps, semblent avoir cédé le pas aux binaires de formules françaises.

En Angleterre on a été plutôt partisan de la formule allemande et on préconise encore l'emploi des *cartouches à eau*. Par l'explosion, l'eau est dispersée et refroidit les produits gazeux, ce procédé a été un moment en faveur en France (*cartouches Chalon*) ; il tend d'ailleurs, en raison de sa complication, à disparaître des mines anglaises qui emploient actuellement des explosifs à formule française ou allemande, comme l'*ammonite* ou *poudre Favier*, la *bellite*, la *carbonite*, la *dahménite*,

la *roburite*, etc., tous produits qui, sauf la carbonite, comportent l'usage du nitrate d'ammoniaque.

Tel est l'état actuel de la question, et je me plais à constater que, si la formule française de MM. Mallard et Le Chatelier, a été vigoureusement critiquée et combattue, elle tend aujourd'hui à s'imposer partout, à l'exclusion de tout autre.

Ce point acquis, d'où vient qu'il n'existe pas encore d'explosif vraiment de sûreté? Les causes en sont simples, mais multiples :

1° Très souvent, la détonation est incomplète et il reste au fond du fourneau de mine des portions d'explosif enflammées. Ce fait semble résulter d'un défaut de fabrication, d'un bourrage défectueux ou encore d'une application maladroite du détonateur ;

2° Des débris de papier enflammé ou de matière solide incandescente, sont projetés ;

3° Le coup de mine fait canon.

J'ajoute encore que l'addition de substances inertes ou explosives et la difficulté de mouler en cartouches suffisamment plastiques des matières pulvérulentes et trop sèches, sont des causes d'affaiblissement de l'explosif qui, dès lors, manque de puissance et perd en force ce qu'il donne en sécurité. C'est même pour ce motif qu'on semble renoncer en Allemagne à l'introduction de sels inertes à dégagement d'eau pour donner la préférence aux poudres à base de nitrate d'ammoniaque ; et comme les règlements allemands ne fixent pas de limite à la température de détonation, les fabricants préparent des produits presque aussi puissants que la dynamite n° 1, mais qui détonent à une température légèrement supérieure à 2.000° C.

En somme, on pourrait obtenir des explosifs présentant un plus grand degré relatif de sécurité :

1° En faisant usage de très forts détonateurs, de 2 grammes par exemple, de façon à obtenir toujours une détonation aussi complète que possible ;

2° En supprimant le papier des cartouches au moment de les introduire dans le trou de mine ;

3° En ne faisant entrer dans la composition de l'explosif aucune substance susceptible de se scorifier par la chaleur ou de fournir des éléments carbonacés ou solides quelconques ;

4° En diminuant la proportion de nitrate d'ammoniaque et en augmentant celle de la substance liante, nitroglycérine ou autre, ce qui permettrait d'obtenir des explosifs plus énergiques, plus consistants et plus maniables ; il est vrai que la température théorique de détonation serait plus élevée, mais il ne semble pas qu'il y ait inconvénient à porter celle-ci à 2.000 et même 2.200° C.

Quant au danger résultant d'un débouillage, la mine faisant canon, je ferais volontiers la proposition, paradoxale au premier abord, de supprimer purement et simplement le bourrage et de le remplacer par un bouchon ou tampon d'argile bien tassée, fermant l'orifice du fourneau de mine.

Ce procédé, quand il est convenablement appliqué, ne donne jamais de coup de canon et il a un autre avantage très précieux, c'est celui de ménager, au-dessus de la charge, une chambre d'air qui permet d'obtenir un refroidissement important des gaz. Son adoption permettrait de faire usage, dans les mines grisouteuses, d'explosifs de puissance équivalente à celle de la dynamite n° 1. J'ai préconisé ce procédé il y a une quinzaine d'années, pour le tirage à la poudre de mine et tous ceux qui l'ont appliqué, y ont trouvé une économie de main-d'œuvre, une meilleure utilisation

de la poudre et un travail de dislocation notablement supérieur. Il resterait à le généraliser dans le sens que je viens d'indiquer.

Quoi qu'il en soit, et dans la pratique actuelle des choses, l'emploi des explosifs dits de sûreté, présente de si sérieux avantages qu'il convient de le propager. Deux raisons font obstacle à leur développement : en premier lieu, les inconvénients que je viens de signaler, et en particulier leur puissance insuffisante, en second lieu l'impôt exagéré qui les frappe.

J'ai indiqué, ou plutôt esquissé, les remèdes applicables au premier cas. On pourrait également remédier au second : il suffirait de les taxer d'après leur puissance ou même simplement d'après leur teneur totale en nitroglycérine et nitrocellulose, pour ce qui concerne les diverses grisoutines françaises. On a peine, en effet, à s'expliquer pourquoi la taxe est la même sur un explosif aussi puissant que la dynamite-gomme à 97 % de nitroglycérine et 3 % de nitrocellulose, et sur un explosif aussi faible que la grisoutine B par exemple, qui ne contient que 11,76 de nitroglycérine et 0,24 de nitrocellulose.

II. — *Modes d'essais industriels des explosifs.*

La question de puissance des explosifs dits de sûreté m'amène à parler du mode d'essai des poudres et explosifs en général, j'entends des procédés industriels courants, à la portée de tout le monde et capables de renseigner suffisamment les exploitants de mines sur le travail que peuvent fournir les produits qui leur sont livrés.

Tout le monde sait que l'énergie emmagasinée dans un explosif quelconque, donne naissance à trois ordres d'effets :

- 1° Effet calorifique ;
- 2° Effet propulsif ou de compressions latérales ;
- 3° Effet brisant ou de broyage à la base.

Il est évident qu'aucun de ces trois facteurs considérés isolément ne peut donner la mesure du travail maximum ou *énergie potentielle*. Ainsi, la quantité de chaleur développée par la décomposition et que les lois de thermochimie, établies par M. Berthelot, permettent de calculer assez facilement, ne se transforme pas complètement en travail puisqu'une partie notable de cette chaleur est absorbée en pure perte par des parois froides, ou dispersée avec les gaz de la réaction.

D'autre part, les effets dynamiques sont d'ordre différent selon que l'on utilise les pressions latérales, le broyage, ou les uns et les autres. C'est ainsi, par exemple, que telle poudre de mine produit simplement des dislocations de roche, que telle autre, de caractère plutôt brisant, donne un broyage accentué, tandis qu'on demande aux poudres de guerre peu de broyage, c'est-à-dire de recul, peu d'échauffement, mais de la projection.

Le travail maximum doit donc être théoriquement la somme de ces divers effets : broyage, dislocation, projection et échauffement, et comme en définitive le travail réellement utilisé n'est représenté que par un ou deux effets, c'est le seul qu'il convienne de mesurer.

Il ne doit donc faire de doute pour personne que ni la mesure de la chaleur par le calcul ou par la méthode calorimétrique, ni la détermination du volume des gaz développés, ni enfin le calcul théorique de la température maxima de ces gaz, ne peuvent donner d'indication pratique.

Il y a une vingtaine d'années, le procédé du calori-

mètre était en faveur; il a été rapidement abandonné, car on a reconnu que s'il pouvait donner quelques résultats comparables avec des substances de même nature, il n'a plus aucune valeur lorsqu'il s'agit de comparer des explosifs de composition différente. D'ailleurs, les observations calorimétriques sont longues, et au lieu d'une réaction instantanée il faut compter avec des modifications, des recombinaisons et des réactions postérieures qui viennent vicier les observations les mieux conduites.

Cependant ces facteurs, chaleur et volume des gaz, ont une action indéniable au point de vue des effets produits ou à produire, puisque la pression développée est fonction aussi bien de l'un que de l'autre, selon la formule connue :

$$P = Q V$$

Q quantité de calories dégagées par la réaction,

V volume des gaz ramené à 0° et 760^{mm}.

Mais comme la détermination directe des pressions est de nature à renseigner utilement, on préfère s'attacher à ce facteur et on cherche à le mesurer au moyen d'appareils enregistreurs plutôt que par les calculs des volumes et des calories.

Or, ces pressions, comme je l'ai déjà dit, sont de deux ordres et produisent deux effets distincts : la propulsion et la brisance ; il importe donc de déterminer l'une et l'autre, et leur somme donnerait une idée assez nette de la quantité de travail que peut fournir l'unité de poids d'explosif.

On définit très bien les poudres de guerre par la vitesse, le recul de l'arme et la pression intérieure ; mais tout autre doit être la définition d'un explosif de mine puisqu'on lui demande, au contraire des poudres de guerre, de produire des dislocations sans projection.

On sait, en effet, que pour déterminer avec précision le dosage d'une charge dans un fourneau de mine, on se base sur ce fait qu'il ne doit jamais y avoir de projection à la suite de la détonation.

La brisance ne fournit de projection que par un effet de réaction; ce sont les compressions latérales qui en donnent toutes les fois qu'elles dépassent l'effort strictement nécessaire pour disloquer simplement les parois du fourneau de mine.

En résumé, si l'on veut doser convenablement les charges de mine et par conséquent connaître la puissance industrielle d'une poudre ou d'un explosif quelconque, il faut déterminer la force de brisance et la force de propulsion.

Il n'existe, malheureusement, aucun appareil permettant d'effectuer la mesure absolue de ces deux énergies partielles.

Mais, comme les industriels et exploitants de mines ont besoin d'être renseignés sur la force des explosifs qu'on leur livre, que d'autre part tous les mineurs sont familiarisés avec l'emploi de la dynamite n° 1, on convient généralement d'indiquer la puissance d'un explosif par comparaison avec celle de cette dynamite prise pour unité, en tant que travail dans les mines.

Pour établir cette mesure comparative, on a réalisé un certain nombre d'appareils. Ainsi, sans parler des *manomètres crushers* de Rodman, Berthelot, Noble, etc., instruments délicats qui n'ont pas le caractère industriel, je citerai la *bombe de plomb* de Trauzl, le *mortier-éprouvette* de Nobel, le *cylindre de plomb à écrasement*, l'*appareil de Quinan* et d'autres de moindre importance comme ceux de *Kosterlitz*, de *Chalon*, etc. Or, aucun d'eux ne donne satisfaction.

La bombe a joui pendant longtemps d'une certaine faveur, car elle laisse l'illusion d'un essai rationnel

puisque tous les effets, chaleur, brisance et propulsion, paraissent concourir au développement de la chambre d'expansion. En réalité, elle ne peut fournir ni des résultats comparatifs, ni même des résultats proportionnels, et il suffit pour s'en rendre compte d'effectuer des essais soit avec des charges successives de 10 grammes du même explosif, soit avec des charges de 5, 10, 15 et 20 grammes par exemple ; les chambres d'expansion diffèrent toutes de volume dans le premier cas, et ne présentent aucune proportionnalité dans le second. Et ceci s'explique aisément, car il est difficile, sinon impossible, d'obtenir deux blocs de plomb de même composition, et d'ailleurs, l'écrasement du métal par le resserrement des molécules est forcément limité par leur élasticité lorsqu'il n'y a pas expansion extérieure et latérale des parois. J'ajoute encore qu'en pratique on trouve difficilement deux charges de même poids susceptibles d'exploser complètement et de façon identique.

C'est même probablement à cette défectuosité de la bombe de Trauzl qu'il faut attribuer les résultats assez contradictoires, constatés par M. Heise dans ses intéressantes recherches ayant pour objet d'établir une corrélation entre la sécurité des explosifs et leur pouvoir brisant. Les essais à la bombe, je le répète, n'indiquent pas l'effort brisant, mais bien une compression résultant à la fois de la brisance et d'effets propulsifs partiels ; ils donnent, en un mot et dans la limite des erreurs inhérentes à cet appareil, un ensemble de ces deux effets, lesquels sont nécessairement fort dissemblables l'un de l'autre et qu'on ne peut pas mesurer séparément.

La bombe peut servir, à la rigueur, pour comparer des explosifs similaires, mais alors à la condition, non plus de comparer les volumes produits par des poids

égaux de charges, mais de déterminer au contraire les poids d'explosifs capables de produire la même chambre de dilatation que 10 grammes de dynamite n° 1 par exemple ; tout autre mode d'opérer est illusoire et ne doit inspirer aucune espèce de confiance.

J'ai insisté assez longuement sur l'essai à la bombe de plomb parce que trop souvent les fabricants d'explosifs nouveaux qui connaissent sa bonne volonté lui font dire ce qu'ils désirent eux-mêmes et montrent, au lieu d'une moyenne, l'essai qui a été le plus avantageux.

Le mortier-épreuve peut fournir quelques indications utiles, surtout lorsqu'on l'applique à l'essai des productions journalières dans les fabriques d'explosifs. Mais comme le fond du mortier s'use constamment, il faut, pour que les expériences présentent quelque valeur, les répéter chaque fois avec le même dosage de dynamite n° 1 qui sert de comparaison. De plus, il est nécessaire d'employer les mêmes densités de chargement ou bien, s'il s'agit de substances similaires, de les faire exploser dans leur propre volume sous un bourrage d'argile remplissant le reste de la cavité. Il faut enfin opérer dans les mêmes conditions, souvent fort difficiles à réaliser, de température, de vitesse et de direction du vent, d'adaptation du projectile à la bouche du mortier, etc.

L'appareil de Quinan présente un certain intérêt, car il donne des indications séparées de la brisance et d'une partie de la propulsion ; c'est une tentative dans la voie que je signalais précédemment. Mais comme il n'est applicable qu'à de faibles charges, 2 grammes au plus, on ne peut s'en servir que pour étudier les explosifs à grande vitesse de réaction, c'est-à-dire très brisants, car l'effet propulsif n'est pas amené d'une manière suffisamment continue.

Le cylindre de plomb à écrasement, que j'ai indiqué

en 1886, donne seulement une idée de la brisance. Au lieu de laisser l'explosif à l'air libre, M. Hess l'enferme dans une petite boîte en fer-blanc à couvercle mobile ; celui-ci est appliqué sur la substance à l'essai qui détone ainsi dans son propre volume. L'aplatissement du cylindre mesure l'effet de brisance ; mais il faut avoir soin de prendre une moyenne d'expériences, car j'ai observé qu'il n'était jamais possible d'obtenir deux fois de suite le même aplatissement ; les raisons en sont les mêmes que pour la bombe de plomb.

D'ailleurs la mesure de l'aplatissement et du champignon qui résulte de la compression est difficile à réaliser.

Telles sont les méthodes d'essai actuellement en usage pour déterminer la puissance relative des explosifs. Leur insuffisance est notoire ; elles peuvent même fournir des indications fausses.

Toutefois, je pense qu'il est possible d'arriver à obtenir des résultats comparatifs sérieux en modifiant convenablement l'appareil de Quinan, dont le principe est bon, et à la condition de l'adapter à des charges plus importantes et à tous les explosifs.

Explosifs de sûreté.

Par M. CHESNEAU, ingénieur en chef des Mines.

M. G. CHESNEAU demande à présenter quelques observations sur les expériences de charges-limites préconisées par MM. Watteyne et Denoël, ainsi que par M. l'Inspecteur général Delafond.

Pour que l'appréciation de la sécurité d'un explosif par des essais destinés à déterminer la charge-limite maximum n'allumant pas le grisou fût rigoureuse, ces essais devraient remplir, à son avis, au moins les trois conditions suivantes :

1° Etre comparables entre eux, c'est-à-dire donner toujours les mêmes résultats avec des explosifs identiques, pour un même appareil ;

2° Reproduire les circonstances les plus dangereuses pouvant se rencontrer en pratique dans l'emploi des explosifs ;

3° Donner des résultats identiques avec des explosifs de même composition.

Le premier point paraît facile à réaliser si l'on en juge d'après l'assez grande régularité des résultats obtenus avec un même appareil et des explosifs divers ; il n'en est pas de même des deux autres conditions. En effet, tandis que les essais de M. Heise ont donné toujours des charges-limites moindres dans les détonations à l'air libre que dans les essais au mortier, les essais à l'air libre de la Commission française ont donné des charges-limites au moins doubles de celles obtenues avec les mêmes explosifs dans les essais de M. Simon à Liévin. Cela tient à ce que la capacité de la chambre d'expériences joue un rôle prépondérant sur la valeur de la charge-limite : suivant qu'on adoptera telle ou telle capacité, pouvant d'ailleurs se rencontrer aussi fréquemment l'une que l'autre en pratique, on obtiendra donc des charges-limites variant du simple au double. Enfin, les résultats absolument différents obtenus par M. Heise avec la dahménite, suivant qu'elle est granulée ou pulvérulente, montrent que, pour un explosif de même composition, la charge-limite pourra varier fortement avec les produits d'usines différentes ou avec des lots différents d'une même usine.

M. Chesneau en conclut que si les déterminations des charges-limites peuvent être d'une utilité pratique très réelle pour classer les explosifs d'une façon relative, il faut se garder en revanche de leur attribuer une

valeur *absolue*. Si, par exemple, la charge-limite d'un explosif n'allumant pas le grisou a été trouvée égale à 700 grammes dans un appareil déterminé, les exploitants n'en pourront nullement conclure qu'ils peuvent miner en toute sécurité dans une atmosphère quelconque avec une charge de cet explosif inférieure à 700 grammes.

M. Chesneau estime donc en définitive que la notion des charges-limites ne peut donner une idée plus précise du degré de sécurité des explosifs que la température de détonation. Il s'empresse d'ailleurs de reconnaître que l'accroissement énorme de sécurité, donné par un bourrage même très faible (comme l'ont montré les expériences de M. Simon à Liévin), corrige heureusement d'une façon très rassurante les incertitudes inhérentes aux divers systèmes proposés pour apprécier le degré de sûreté des explosifs en présence du grisou.

M. WATTEYNE répond à quelques-unes des observations présentées par MM. Marsaut et Chesneau.

Les statistiques citées par M. Marsaut sont sans doute, dit-il, fort rassurantes sur le danger d'inflammation du grisou et des poussières par les explosifs; mais il s'en faut de beaucoup que les choses se passent partout comme à Bessèges et dans le Gard. La plupart des statistiques des pays miniers, et notamment celles de la Belgique, prouvent en effet : d'une part que les inflammations dues à l'emploi des explosifs étaient naguère en proportion très prépondérante par rapport à celles dues à d'autres causes; et d'autre part que le nombre et l'importance de ces inflammations ont été réduits à des chiffres très minimes depuis que l'usage des explosifs de sûreté s'est généralisé. Sans doute les précautions prises pour le minage sont maintenant plus nombreuses et plus minutieuses qu'autre-

fois. Mais, bien avant la découverte des explosifs de sûreté, cet accroissement de précautions était déjà réalisé; et cependant, comme le montre le rapport présenté au Congrès par l'orateur et M. Denoël, la situation ne faisait que s'aggraver sous le rapport des inflammations de grisou. Il est donc manifeste qu'un important surcroît de sécurité a été apporté aux mines grisouteuses et poussiéreuses par l'emploi des explosifs de sûreté.

Quant aux fortes charges usitées aux mines de Bessèges, on peut dire que si, en diminuant le nombre de coups de mine tirés, on diminue par le fait même les chances d'inflammation, par contre, en augmentant les charges, on augmente dans des proportions bien plus fortes les dangers résultant du tir de chaque mine.

Il est manifeste, d'après ce que l'on connaît maintenant sur les explosifs de sûreté et d'après toutes les théories admises, qu'aucun des explosifs de sûreté connus aujourd'hui ne peut être considéré comme tel s'il est employé avec les charges considérables usitées à Bessèges.

Il serait toutefois intéressant d'étudier par l'expérience l'influence des charges excessives, et de rechercher si cette façon d'employer les explosifs n'aurait pas des conséquences que la théorie ne prévoit pas.

M. WATTEYNE est d'avis, ainsi qu'on a pu le voir par le travail présenté par M. Denoël et lui, que la théorie est souvent impuissante à déterminer l'influence de toutes les causes souvent complexes, dont dépend la sûreté des explosifs. L'expérience, qui donne en quelque sorte la résultante de toutes ces causes, doit donc jouer le rôle principal dans cette détermination; c'est à elle surtout qu'il appartient de se prononcer en

dernière analyse sur la sécurité ou la non sécurité de l'emploi de tel ou tel explosif dans telles ou telles conditions.

M. WATTEYNE croit que M. Chesneau s'exagère les difficultés que présenterait la vérification expérimentale de la sûreté des explosifs.

L'influence de l'état physique des matières explosives est incontestable sans doute ; ce fait, qui a été mis en lumière notamment par M. Heise, ouvre même encore, comme il l'a fait remarquer avec M. Denoël, des horizons nouveaux pour l'avenir des explosifs de sûreté ; aussi les expériences devraient-elles porter sur tous les explosifs différant par leur composition chimique ou par leur état physique. Il ne croit pas qu'il en résulterait une bien grande complication dans les expériences.

Il serait d'ailleurs facile de s'assurer si, par suite d'une modification, due à la fraude ou à la négligence dans l'état physique ou dans la composition des explosifs, le degré de sûreté de l'explosif est resté le même. En admettant, par exemple, que la réglementation soit telle que les explosifs employés doivent avoir une charge-limite déterminée et que l'Administration des Mines ait à sa disposition un champ d'expériences établi *ad hoc*, il suffirait que l'Ingénieur des mines, dans ses tournées aux charbonnages, saisît de temps en temps quelques cartouches des explosifs usités et qu'il en vérifiât la charge-limite.

Cette manière de faire est fort simple ; elle exigerait seulement un appareil d'expériences bien établi et constamment en état de permettre les essais.

M. DENOEL pense que le système des longs trous de mines fortement chargés que préconise M. Marsaut peut être justifié à Bessèges par les circonstances

locales, mais que dans la plupart des mines grisouteuses il ne serait guère praticable. En premier lieu, l'avantage économique du procédé est très discutable, puisque l'effet utile plus grand de l'explosif serait généralement compensé par les difficultés du forage d'un long fourneau. En second lieu, au point de vue de la sécurité, une seule explosion de grisou ou de poussières, toujours à craindre quand on emploie d'aussi fortes charges d'explosifs, peut avoir des conséquences bien plus meurtrières que n'en ont eu en une longue période d'années tous les accidents cités par M. Marsaut et inhérents à la manipulation des explosifs. On peut dire aussi que, dans la plupart des couches, si le coupage du mur ne se fait qu'à des intervalles relativement longs, le remblai se trouverait à certains moments à une distance des fronts de taille incompatible avec la solidité du toit et avec les exigences de la ventilation.

Le cas le plus général qui se présentera dans la pratique sera donc celui de trous de mine de longueur et de chargement modérés; il est évident que, sans négliger aucune des précautions relatives à la recherche du grisou avant le tir, au bourrage, etc., on obtiendra le maximum de sécurité en employant un explosif dont la charge-limite soit élevée, et en dépassant le moins possible cette charge-limite.

La séance est levée à 5 h. et demie.

2^e SÉANCE*Mercredi 20 Juin 1900.***CONDITIONS D'EXPLOITATION
A GRANDE PROFONDEUR**

Président : M. Ch. LEDOUX,
Ingénieur en chef des Mines,
Ancien professeur d'Exploitation à l'Ecole nationale supérieure
des Mines de Paris.

Assisté de :
M. HARZÉ, directeur général des mines de Belgique.
M. ENGEL, bergmeister à Essen, membre du Jury de la classe des Mines
pour l'Allemagne.

Secrétaire : M. BERGERON, professeur à l'Ecole Centrale.

La séance est ouverte à 2 h. 1/4.

M. le Président transmet les regrets de M. le directeur général KRABLER qu'une indisposition empêche de présider la séance et de M. DAY, qui a été obligé de repartir pour l'Amérique et ne peut, lui non plus, prendre place au fauteuil.

M. le Président rappelle aux membres présents que la question inscrite à l'ordre du jour de la séance est celle des *Conditions d'exploitation à grande profondeur*.

C'est, dit-il, une question qui préoccupe à bon droit tous les ingénieurs, non seulement dans nos vieux pays où nous sommes obligés d'aller chercher chaque jour plus profondément ce que les anciens nous ont laissé, mais encore dans les pays neufs, notamment en Amérique où, avec l'activité prodigieuse qui caractérise cette nation, les Mines d'il y a dix ans sont aujourd'hui de vieilles Mines.

La question a été traitée avec une compétence remarquable par les trois ingénieurs dont vous avez lu les rapports qui vous ont été distribués. Ce sont MM. Hrabak, Poussigue et Stassart.

En l'absence de M. HRABAK, qui n'a pu se rendre à Paris (1), M. le Président donne la parole à M. STASSART, ingénieur au Corps des Mines belge, pour présenter une analyse du travail qui a été imprimé et distribué.

M. STASSART résume son rapport sur les conditions d'exploitation à grande profondeur en Belgique (2).

M. le PRÉSIDENT remercie M. Stassart de son très intéressant exposé. Il fait remarquer que M. Stassart préconise les câbles plats en aloès, pour atteindre les grandes profondeurs et qu'il a fourni de très intéressants renseignements sur la limite maximum de profondeur qui, d'après lui, pourrait être atteinte, au point de vue du degré géothermique et de l'aérage.

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Poussigue qui, appelé à traiter la même question, a conçu son travail à un point de vue différent, de sorte que le Congrès, après avoir entendu exposer les avantages de l'extraction au moyen des câbles plats, verra ensuite les avantages de l'extraction par câbles ronds métalliques.

M. POUSSIGUE ne se contente pas de résumer le travail qui a été imprimé et distribué (3). Il le complète par la note suivante :

(1) Voir le rapport de M. Hrabak, *Bulletin* de la Société de l'Industrie Minérale, 3^e série, tome XIV, 3^e Livraison, 1^{re} partie, p. 135.

(2) Voir ce rapport *Bulletin* de la Société de l'Industrie Minérale, 3^e série, tome XIV, 3^e livraison, 1^{re} partie, p. 375.

(3) Voir ce rapport *Bulletin* de la Société de l'Industrie minérale 3^e série, tome XIV, 3^e livraison, 1^{re} partie, p. 193.

**Note sur le fonçage et l'installation
d'un puits de 1.015 mètres de profondeur
aux Houillères de Ronchamp.**

Par M. POUSSIGUE,
Directeur de la Société Houillère de Ronchamp.

Dans l'étude générale des conditions d'exploitation à grande profondeur qui a fait l'objet du rapport qui a été remis à tous les membres de ce Congrès, je suis arrivé à cette conclusion, que tant que l'on aura à se servir de câbles pour aller chercher la houille ou le minerai à 1.000 mètres et au delà, on devra employer de préférence le câble rond métallique en acier à grande résistance.

S'il en résulte une dépense plus considérable d'installation, ce surcroît est bien vite rattrapé par la grande économie que l'on réalise chaque année sur la consommation de câbles, tout en ayant des conditions de sécurité au moins équivalentes à celles que procure l'emploi des câbles en textile.

Il résulte de cette étude que les moyens de combattre la température élevée ne sont pas une difficulté pour le mineur qui a en sa possession, à l'heure actuelle, des appareils de ventilation suffisamment puissants pour réaliser au milieu d'une mine à parois brûlantes, une atmosphère non seulement supportable, mais encore très favorable au travail dans d'excellentes conditions.

Nous avons à Ronchamp, depuis longtemps, des travaux à 900 mètres et au delà ; nous avons pu nous convaincre de la simplicité relative qu'il y a à en rendre le séjour plus facile, grâce à un bon aérage ; aussi, envisageons-nous sans crainte la perspective de travaux à des profondeurs beaucoup plus considé-

rables, malgré un degré géothermique de 28 mètres environ.

Nous avons été amenés à creuser un siège d'extraction de 1.015 mètres de profondeur, dans une région absolument neuve. C'est en somme une mine nouvelle que nous avons à créer avec ses installations complètes, établies de premier jet pour une grande profondeur.

C'est la description sommaire des travaux exécutés pour l'établissement de ce siège, que je me propose de vous présenter, m'étendant plus spécialement sur les particularités qui résultent de la grande profondeur atteinte.

FONÇAGE.

Le siège comporte deux puits : l'un d'entrée d'air, destiné à l'extraction ; l'autre de sortie d'air, aménagé et outillé pour permettre de faire éventuellement une partie du service de l'extraction, et régulièrement les descentes de matériaux, la remontée des ouvriers, etc.

Les deux puits sont circulaires et creusés au diamètre utile de 4 mètres.

Ils sont distants de 30 mètres d'axe en axe. Le revêtement est en moellons taillés pour l'un d'eux, en moellons artificiels de ciment pour l'autre. L'épaisseur de ce revêtement est de 0^m,30 environ, ce qui donne pour le diamètre de creusement, 4^m,70.

Sur les cent premiers mètres, en raison de la traversée des terrains aquifères du grès des Vosges, un cuvelage en fonte a été établi. Ce cuvelage est formé d'anneaux de 1^m,50 de hauteur, composés de 6 segments réunis par des boulons.

L'étanchéité est obtenue par des joints de plomb. La base du cuvelage repose sur une trousse picotée, formée de deux anneaux de 0,33 de hauteur chacun.

Le picotage, fait par les procédés ordinaires, n'occupe que la moitié de la hauteur de chaque anneau,

le reste est garni d'un béton de ciment. L'intervalle entre les pièces de cuvelage et la paroi du puits est également bétonné. L'étanchéité est complète.

Le fonçage proprement dit s'effectue par reprises variant de 15 à 35 mètres selon la dureté et la consistance des terrains. On maçonne ensuite ces reprises en faisant reposer la première assise de moellons sur une roulisse en bois, posée exactement de niveau.

Les traverses de guidage, placées au fur et à mesure de la maçonnerie, servent à supporter les plafonds de travail. Le soutènement pendant le creusement s'effectue au moyen de cercles en fer à U composés de plusieurs segments réunis par des manchons en fer et suspendus les uns aux autres par des crochets en fer plat.

Le cintre supérieur est fixé à la roulisse de la reprise précédente; une corniche de rocher est laissée au-dessous de chaque roulisse pour la soutenir pendant le creusement de la reprise suivante; cette corniche est enlevée progressivement lors du raccordement de la maçonnerie.

AÉRAGE

De distance en distance, des galeries horizontales mettent en communication les deux puits, et servent à l'aérage. L'air descend par le puits le moins profond, arrive au fond, remonte par un gros tuyau d'aérage qui vient déboucher derrière un barrage dans la dernière galerie de communication; il parcourt cette galerie jusqu'à un autre barrage placé à l'extrémité opposée, redescend par une nouvelle colonne de tubes à l'avancement du puits le plus profond, et revient au jour par la colonne de ce puits.

En prévision d'un aérage naturel insuffisant, une installation de ventilateur avait été préparée. Cet appareil, placé dans la dernière galerie de commu-

nication, devait aspirer l'air de l'un des tubes d'aérage pour le refouler dans l'autre.

Il est du type Ser; il est calé sur le même arbre qu'une dynamo-réceptrice qui lui donne le mouvement. A la vitesse de 800 tours par minute, avec un courant de 28 ampères sous 110 volts, le travail disponible est de 210 kilogrammètres par seconde.

La dynamo génératrice est placée au jour; elle est actionnée par une turbine de Laval de 5 chevaux environ, et produit un courant de 28 ampères sous 110 à 113 volts.

Nous n'avons pas eu à nous servir de cet appareil de ventilation. Le fonçage a dépassé, à l'heure actuelle, 920 mètres de profondeur, et l'aérage naturel est suffisant pour que, avec une température de roche de 44° au minimum, le travail se fasse dans d'excellentes conditions. Il est donc probable que nous atteindrons les mille mètres prévus sans avoir à nous servir de notre petite installation électrique.

Le travail de fonçage a été organisé à trois postes de 8 heures chacun. Les ouvriers, au nombre de 10 par poste, percent les coups de mine à la massette. L'explosif est la dynamite gomme dans les terrains très durs et la dynamite n° 1 dans les terrains ordinaires. On commence par faire, au centre du puits, des coups de fond qui produisent une cavité autour de laquelle on place une rangée circulaire de trous de mine, qui mettent le puits presque à sa dimension; des coups de parement achèvent le travail. Le tirage des mines se fait à l'électricité, par volées de 6 à 10 coups sautant simultanément au moyen d'une dynamo placée au jour. On emploie des amorces à fil de platine.

L'avancement obtenu pendant une durée de onze mois, alors qu'on était déjà à de grandes profondeurs, a été en moyenne de 25 mètres par mois de puits

complètement fini. Cet avancement correspond à la période de 646 à 925 mètres de profondeur. La température de la roche a varié pendant ce temps de 33° environ à 44°. L'avancement le plus rapide a été de 1^m,10 de puits fini par journée de 24 heures.

La machine de fonçage, à câbles plats en aloès, a été décrite à la page 238 du mémoire que vous avez entre les mains. Ce genre de câble a été adopté, un peu parce que nous n'étions pas familiarisés avec l'emploi de câbles en acier, et surtout parce que la machine de fonçage du puits d'aérage, que nous possédions déjà, étant également pourvue de câbles en aloès, nous espérions ainsi diminuer la dépense primitive d'installation et celle de consommation de câbles.

Pour une installation nouvelle, nous n'hésiterions pas à employer le câble rond en acier à grande résistance. La charge à soulever est à 1.000 mètres de profondeur de 3.500 kilos. Le poids du câble en aloès employé est de 8.570 kilos. L'équilibre des moments est loin d'être obtenu; il y a marche à contre-pression sur une partie de la course. Les cuffats arrivant au jour dépassent la recette que l'on recouvre à ce moment d'un chariot à fond incliné, sur lequel on les fait basculer; la vidange s'effectue et les déblais glissent dans des wagonnets qui les conduisent à la décharge.

Généralement au fond du puits se trouve un cuffat de relai que l'on charge pendant l'ascension. Ainsi il n'y a pas de temps perdu. L'attache du câble au cuffat se fait par une sorte de mousqueton qui s'ouvre ou se ferme de lui-même, lorsqu'on décroche ou que l'on accroche.

Avant de mettre en route la machine, on laisse la benne reprendre son aplomb dans le puits, et le temps que l'on emploie à cette opération est bien compensé par

la sécurité que l'on se procure, et la grande vitesse de marche que l'on peut après réaliser sans danger. Comme on le voit, la disposition de fonçage est tout à fait simple, et néanmoins les ouvriers du fond n'ont jamais eu leur travail retardé du fait de l'insuffisance des moyens d'extraction.

Le fonçage a atteint maintenant la profondeur de 920 mètres; il reste à creuser encore 100 mètres avant de commencer les travaux de préparation et d'exploitation. Pendant ce temps nous nous occuperons de l'installation définitive extérieure, que je vais sommairement décrire, et qui sera complètement terminée en 1902.

Notre but est d'obtenir une production normale de 800 tonnes par journée de dix heures de la profondeur de 1.000 mètres, et plus tard 1.000 tonnes.

Nous obtiendrons ce résultat en employant dans le premier cas des cages à deux étages, comprenant 2 chariots par étage, et dans le second cas des cages à trois étages. La machine d'extraction a naturellement été calculée pour faire face à cette dernière condition.

Nous avons renoncé à l'emploi des câbles en textile que nous avons jusqu'à présent utilisés à Ronchamp et avons adopté le câble diminué rond en acier à grande résistance (fils de 180 kilos au millimètre carré) s'enroulant sur tambour conique.

MACHINE D'EXTRACTION

Le puits devant servir à la fois à la remonte du déblai et du charbon, la machine devait être calculée pour pouvoir au besoin, avec les cages à 3 étages, monter 4 chariots de charbon et 2 chariots de déblai.

Dans ces conditions, la charge à soulever est la suivante :

Charge utile.....	4.000 ^k
6 chariots vides.....	1.560
Cage, parachute, déclic, chaînes.....	3.500
	9.060

Le poids du câble pendant dans le
puits à l'enlevage est de 5.600^k

La charge totale est donc de 14.660^k

La machine doit être suffisante pour faire la cordée avec une vitesse moyenne de 12 mètres par seconde, la pression de vapeur étant de 8 kilos.

On a choisi une machine horizontale se composant de deux machines jumelles du type tandem, ayant leurs manivelles à 90°.

Ces machines commandent un arbre sur lequel se trouve calé un seul des tambours coniques. Les boutons de manivelle prolongés donnent le mouvement par l'intermédiaire d'une bielle à des balanciers verticaux, oscillant autour d'un arbre horizontal, lesquels transmettent, par une bielle, leur mouvement alternatif aux manivelles du second tambour placé en avant parallèlement au premier.

Cette disposition, qui rappelle dans son ensemble celle adoptée par M. Tomson dans son installation de Prussen, a sur celle-ci l'avantage d'exiger moins d'organes de mouvement.

La distribution de la machine d'extraction se fait par soupapes équilibrées du système Kraft, la détente est variable par régulateur à force centrifuge actionnant les manchons de distribution par l'intermédiaire d'un appareil auxiliaire hydraulique. Le changement de marche se manœuvre par servo-moteur.

Le mécanicien est placé sur une passerelle qui lui permet de voir la partie moyenne des tambours coniques,

et de suivre ainsi, très exactement, la marche de ses câbles ; il voit aussi très bien les manivelles de la machine. Il est trop loin de la recette (60 mètres environ) pour se rendre compte exactement de ce qui s'y passe. Cela est d'ailleurs sans intérêt puisqu'il n'a aucune manœuvre à faire, et que, en aurait-il, il est guidé bien plus sûrement par son indicateur et les marques qu'il a sur les câbles et les tambours.

Chaque tambour est muni d'un frein à mâchoires, agissant sur une couronne en fer forgé. Ces freins peuvent être mis en œuvre, soit par la vapeur, soit par le déclenchement d'un contre-poids à portée du machiniste, soit par une vis qui permet un serrage et desserrage progressif.

De plus, l'appareil indicateur de la position des cages dans le puits fait fonctionner le frein aussitôt que la cage dépasse un point déterminé dans le chevalement.

Les dimensions de la machine sont les suivantes :

Cylindres à haute pression, diamètre..	0,750
Cylindres à basse pression.....	1,000
Course commune.....	1,800

Les branches du balancier ont une longueur de 1^m,80 chacune et les manivelles du tambour 0,90. Les arbres ont respectivement 6^m,75 et 7^m,50 de portée et un diamètre de 0^m,60 ; ils sont distants de 9^m,60.

Les tambours ont été calculés de façon à obtenir l'équilibre complet des moments pendant la marche normale d'une cage à deux étages, contenant en tout 4 chariots de charbon.

Leur diamètre à l'enlèvement est de 5^m,50 et à l'arrivée de 10^m,80. Ils permettent l'enroulement complet de toute la longueur du câble, soit 1.175 mètres environ. La largeur des tambours est de 3^m,40. Ils se composent d'un tourteau en fonte calé sur l'arbre et d'une partie

mobile recevant la charpente en fer recouverte d'une couronne en tôle sur laquelle doit s'enrouler la spire en fer profilé qui servira de support au câble.

La partie fixe et la partie mobile des tourteaux sont reliées par des clavettes et portent un certain nombre de trous permettant un réglage approximatif des câbles.

Le supplément de réglage nécessaire est obtenu au moyen d'une chaîne de Gall à maillons facilement amovibles et interchangeables placée entre le câble et la cage.

La machine d'extraction peut marcher à échappement libre, mais en temps normal, l'échappement est repris par la machine de condensation centrale dont je parlerai plus loin.

CABLES

Les câbles d'extraction sont en acier de 180^k de résistance au millimètre carré, ils ont une longueur totale de 1.175 mètres et sont formés de 5 tronçons ayant les dimensions suivantes :

1^{er} tronçon, petit bout, longueur 235 mètres. Diamètre 45^{mm}, 80 ; fils de 2^{mm}, 85 ; poids moyen 4^k, 585 ; charge de rupture 78.288^k.

2^e tronçon, petit bout, longueur 235 mètres. Diamètre 48^{mm}, 88 ; fils de 2^{mm}, 85 ; poids moyen 5^k, 043 ; charge de rupture 86.103^k.

3^e tronçon, petit bout, longueur 235 mètres. Diamètre 51^{mm}, 96 ; fils de 2^{mm}, 85 ; poids moyen 5^k, 500 ; charge de rupture 93.930^k.

4^e tronçon, petit bout, longueur 235 mètres. Diamètre 54^{mm}, 104 ; fils de 2^{mm}, 85 ; poids moyen 5^k, 950 ; charge de rupture 101.750^k.

5^e tronçon, gros bout, longueur 235 mètres. Diamètre 58^{mm}, 112 ; fils de 2^{mm}, 85 ; poids moyen 6^k, 420 ; charge de rupture 109.385^k.

Le poids total du câble est de 6.460^k et le poids de la partie utilisée pendant l'extraction est de 5.562^k.

Le taux d'emploi, de $\frac{1}{10}$ environ au petit bout, est de $\frac{1}{9}$ environ à l'enlèvement pour la marche au charbon. Si, au contraire, on marche avec une charge complète de déblai, ce qui sera tout à fait exceptionnel, le taux d'emploi variera de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{8,2}$. Les câbles sont composés de 8 torons de 10 fils au petit bout et de 14 fils au gros bout. Chaque toron est muni d'une âme en chanvre goudronné très fortement serrée, et les torons sont enroulés autour d'une âme centrale.

La distance du tambour le plus rapproché du puits, à l'axe de celui-ci, est de 45 mètres.

CHEVALEMENT

Le chevalement du puits d'extraction est métallique, il se compose de deux montants inclinés, placés dans le même plan vertical, maintenus par des jambes de force, et reliés à celles-ci par des pièces horizontales, le tout en poutres à treillis de section carrée, formées de fers plats et de fers cornières. Le guidage et les appareils de sûreté sont placés dans une carcasse métallique formée de 4 montants verticaux, reliés par des croix de Saint-André, allant jusqu'au plancher des molettes.

Par suite des circonstances locales, nous avons été amenés à mettre les molettes l'une au-dessous de l'autre dans le même plan vertical, c'est-à-dire que le plan des molettes est perpendiculaire au plan vertical d'axe du guidage. Les molettes ont 6 mètres de diamètre à la gorge ; elles sont formées d'une jante en fonte, reliée au moyeu par des bras en fer plat. Leur poids est de 6.000 kilogs environ, leur arbre est en acier et repose sur des paliers inclinés à garniture en bronze.

Afin de faciliter la mise en place des molettes, leur

remplacement, ou la visite des coussinets, un pont roulant est placé à la partie supérieure du chevalement, sous la toiture du lanterneau. La voie de ce pont roulant est en porte-à-faux sur la plate-forme supérieure, et permet à la grue de prendre et d'élever jusqu'à position définitive une molette qui se trouverait sur le sol de la recette.

Afin d'éviter les chutes de graisse sur la recette et dans le puits, la moitié inférieure des molettes est protégée par une enveloppe en tôle.

La hauteur du chevalement depuis la recette jusqu'à l'axe de la molette supérieure est de 35^m,50, et la hauteur verticale totale de 41^m,75.

APPAREILS ACCESSOIRES DU CHEVALEMENT

Au niveau du sol, des portes automatiques soulevées par la cage barrent la recette. La partie inférieure du chevalement présente d'un côté une grande porte qui permet d'entrer ou de sortir facilement les cages d'extraction, ou d'introduire dans celles-ci les matériaux de grande longueur, tels que perches, rails, tuyaux d'air comprimé, etc...

Les taquets sont du genre Strauss, et prennent la cage par la partie supérieure, de sorte que celle-ci est suspendue par les taquets et non appuyée sur eux, ce qui, étant donné la longueur des cages, est favorable à leur conservation.

Des taquets de sûreté sont placés plus haut, ils s'ouvrent au moment du passage des cages et se referment automatiquement de suite après. Ils ont pour but de retenir les cages lorsque fonctionne le déclic qui est placé immédiatement au-dessus. Le dessin de ce déclic, genre Haniel et Lueg, a été donné dans le rapport sur les « Conditions d'exploitation à grande profondeur » (Voir Pl. V, Fig. 4 et 5), il permet

de rendre la cage et le câble indépendants au moment où la mise aux molettes est sur le point de se produire. A ce moment, en outre, l'admission de vapeur est fermée et le frein se serro automatiquement. Tout danger sérieux est donc écarté.

ORGANISATION DE LA RECETTE

1° *Au Jour*. — On a admis des cages à deux étages contenant deux chariots chacun.

Ceux-ci entrent par l'une des extrémités et sortent par l'autre. A cet effet, les planchers de la cage et de la recette ont une pente uniforme dans le sens du mouvement.

Du côté de l'entrée des vides, la recette comporte un plancher à hauteur de chaque étage de la cage. Du côté de la sortie des pleins, une balance hydraulique vient recevoir les wagonnets et, pendant la cordée, distribue ces wagonnets à la recette unique. Ces balances sont construites de telle manière qu'étant abaissées, elles laissent libre complètement toute la recette et permettent l'ouverture du grand portail du chevalement pour le remplacement des cages d'extraction.

Les balances hydrauliques se commandent l'une l'autre, c'est-à-dire que lorsque l'une d'entre elles descend chargée des chariots pleins qu'elle vient de recevoir du puits, elle soulève l'autre qui est vide et vient se mettre en position pour la cordée suivante.

D'ailleurs, un accumulateur hydraulique à contre-press de 300^{mm} de diamètre avec course de 1 mètre pour une pression de 30 atmosphères, avec alimentation et charge automatiques, permet de faire manœuvrer les balances indépendamment l'une de l'autre et de leur faire exécuter toutes les manœuvres nécessaires.

La pente du plancher des cages et de la recette est

telle que les chariots se mettent en marche d'eux-mêmes ou sous la faible impulsion donnée par les chariots vides, poussés par le receveur. Afin que ce mouvement ne se produise qu'au moment voulu, des arrêts sont placés sur les planchers et sont abaissés lorsque la cage repose sur les taquets. A leur sortie de la balance hydraulique, les chariots pleins sont repris par un trainage mécanique à moteur électrique qui les conduit jusqu'à l'atelier de criblage situé à 2 kilomètres environ de distance.

Les chariots vides sont distribués, moitié sur le plancher inférieur de la recette, moitié sur le plancher supérieur.

2° *Au fond.* — Les recettes du fond sont doubles et correspondent à chaque étage de la cage. Les chariots pleins arrivent à l'étage du dessus, une partie est descendue à l'étage du dessous. Les vides sortent en face à deux étages également. Le service des recettes inférieures est fait au moyen d'une balance double dont chaque cage dessert un des côtés du puits. Ces deux cages sont réunies par un câble passant sur deux poulies. Leur poids est calculé de telle manière que, lorsque la cage du côté des pleins est chargée, elle est capable de soulever la cage du côté des vides munie de deux chariots vides. Lorsque, au contraire, les deux cages sont débarrassées de leurs chariots, la cage du côté des vides entraîne l'autre et chacune d'elles vient se mettre en position pour recevoir un nouveau chargement. Un bon frein permet de ne mettre l'appareil en mouvement qu'au moment voulu.

Le travers-bancs du fond a une longueur de 600 mètres environ ; le roulage y est fait au moyen d'un trainage mécanique, actionné par une réceptrice recevant le courant du jour. En vue de supprimer le glissement,

le câble sans fin fait plusieurs tours sur deux poulies à axes parallèles, dont une est la poulie motrice. Les chariots sont munis d'une fourche excentrée dans laquelle vient se placer le câble, et l'obliquité de celui-ci dans celle-là donne le frottement nécessaire à l'entraînement. A l'approche de la recette, le câble se relève et abandonne la fourche, le chariot devient libre.

Des contrepoids convenablement réglés font varier la distance des deux poulies et maintiennent une tension déterminée du câble.

La cage d'extraction vient s'appuyer au fond sur des traverses munies de tampons de choc.

En résumé, la manœuvre pour une cordée est la suivante :

La cage venant du jour repose sur les traverses ; l'encageur ouvre les arrêts, pousse les chariots pleins qui refoulent les vides de l'autre côté. L'aide-encageur du dessous fait de même. Les aides placés en face retirent les chariots vides.

Pendant ce temps, au jour, l'encageur et son aide poussent les chariots vides dans la cage et les pleins viennent se mettre dans la balance placée vis-à-vis. Ceux de l'étage inférieur franchissent même cette balance sans s'y arrêter.

Le signal de départ du fond est donné, le machiniste exécute une nouvelle cordée et, pendant qu'elle s'effectue, le receveur du jour fait fonctionner son ascenseur pour recevoir les chariots de l'étage du dessus, et placer la balance en position pour l'arrivée de la cage suivante. Le receveur du fond envoie de nouveaux chariots pleins à l'étage du dessous pendant qu'il remonte les chariots vides, puis remet son appareil dans la position primitive.

Le temps d'arrêt entre deux cordées comprend seulement le temps nécessaire pour pousser deux chariots dans la cage. Il est donc réduit au minimum.

La vitesse d'ascension peut être, en moyenne, de 12 mètres par seconde. En admettant 10 secondes d'arrêt pour les manœuvres, la cordée totale durera 94 secondes ; on pourra donc faire 38 cordées à l'heure.

Comme la charge est de 2.160 kilos de charbon par cordée, on pourra extraire avec des cages à deux étages 82 tonnes à l'heure, soit 820 tonnes en 10 heures.

ORGANISATION DES TRAVAUX AU POINT DE VUE DE L'AÉRAGE

Etant donné et la nature du gisement et l'importance de son dégagement de grisou (environ 45 mètres cubes par tonne extraite), la puissance d'extraction d'un étage, desservi par un travers-bancs d'entrée d'air et un de retour d'air, est très limitée. Nous avons admis dans nos calculs que le retour d'air général d'exploitation ne doit pas contenir plus de $\frac{5^{00}}{100}$ de grisou. Dans ces conditions, une production de 800 tonnes par 24 heures exige un volume d'air de 84 mètres cubes par seconde. On ne peut obtenir cette circulation qu'en ayant au moins deux travers-bancs d'entrée d'air et deux de retour d'air, chacun de ces travers-bancs étant à grande section.

En réalité, la mine se composera de deux étages d'exploitation distincts, n'ayant de commun que le puits d'entrée et le puits de sortie d'air. Chaque étage pourra produire environ 400 tonnes.

Avec l'allure des couches de Ronchamp et la disposition habituelle de nos travaux, un champ d'exploitation de 400 tonnes par jour représente un orifice équivalent de 1^m,75, sans tenir compte des tubes d'entrée et de sortie.

- Avec deux champs analogues juxtaposés, l'orifice sera de 3^m,50, et cet orifice, combiné avec celui des puits d'entrée d'air et de sortie d'air, sera ramené à 2 mètres carrés environ.

Dans la disposition de travaux qui a été adoptée, les deux champs d'exploitation sont superposés et séparés par un pilier de protection suffisant pour rendre efficace cette séparation. Néanmoins, et afin de simplifier l'extraction, les produits de l'étage supérieur descendent dans les travers-bancs du fond, qui constituent la recette unique, par un bure à régulateur hydraulique qui est parfaitement isolé au point de vue de l'aérage. Le volume d'air à envoyer dans la mine est au total de 80^m³ sous une dépression de 200^{mm} d'eau.

VENTILATEUR

L'appareil de ventilation que nous avons choisi est un « Râteau » de 3^m,40 de diamètre, marchant à une vitesse de 238 tours par minute, ce qui donne une vitesse tangentielle de 42^m,37 environ.

Ce ventilateur est mû par une machine compound horizontale du type Corliss.

Le cylindre à haute pression a 510^{mm} de diamètre.

— à basse — a 800^{mm}

La course est de 1^m,200.

Le nombre de tours par minute est de 75.

Cette machine, munie d'un volant à gorge, transmet son mouvement au ventilateur par 14 câbles de 50 millimètres de diamètre.

Afin de parer à toutes les éventualités, cette installation est faite en double, et chacune d'elles fonctionnera alternativement.

Les ventilateurs sont placés à proximité des chaudières dans le bâtiment central des machines, et

sont reliés au puits d'aérage au moyen d'une galerie horizontale. On fait arriver l'air alternativement dans l'un ou l'autre des ventilateurs par la manœuvre d'une vanne.

Le puits de retour d'air devant pouvoir permettre l'extraction à un moment donné, et en tous cas d'une façon régulière, la circulation d'une partie du personnel, a sa recette munie d'un sas à air. La partie prismatique du chevalement qui recouvre le puits est garnie de planches jointives sur ses quatre faces jusqu'au dessous des mollettes. Un plancher ne laissant que le passage des câbles, en ferme la partie supérieure en ce point. Au niveau de la recette, des portes en bois étanches ferment entièrement le puits. Celui-ci est entouré d'un bâtiment complètement fermé, dont les doubles fenêtres sont bien mastiquées, et qui ne communique avec l'extérieur que par des portes étanches. Cette disposition de recette permet ainsi toutes les manœuvres, sans qu'il en résulte aucune gêne pour l'aérage.

Pour la machine d'extraction du puits d'aérage, on ne s'est point préoccupé de l'équilibre des moments. On se servira de la machine de fonçage dont les bobines seront remplacées par des tambours cylindriques de 7 mètres de diamètre (parce que la disposition des organes de cette machine n'en permet pas de plus grands). Les câbles sont diminués et s'enroulent sur le tambour plusieurs fois sur eux-mêmes.

BATIMENT CENTRAL DES MACHINES

Les deux machines de ventilateurs, les ventilateurs eux-mêmes, les machines électriques donnant la force motrice et la lumière, les compresseurs d'air au nombre de deux, l'accumulateur pour la manœuvre des recettes, les machines de la condensation centrale

sont placés côte à côte dans un bâtiment situé à proximité des chaudières. Cette salle de machines mesure 49 mètres de longueur sur 20 mètres de largeur ; elle est munie sur ses murs latéraux de deux poutres métalliques sur lesquelles circule une grue roulante de 10.000 kilos, permettant de soulever et de transporter toutes les pièces, et qui a servi au montage de toutes les machines. Une conduite unique de vapeur distribue celle-ci à tous les moteurs, et les échappements sont rassemblés dans une tuyauterie aboutissant aux appareils de condensation centrale, tout en conservant pour chacun la possibilité de dégagement à l'air libre.

Le condenseur, qui reçoit également la vapeur des machines d'extraction, est un appareil à surface. L'eau de refroidissement est prise par une pompe, circule autour des tubes dans lesquels passe la vapeur, et est renvoyée aux refroidisseurs pour resservir à nouveau. L'eau condensée est débarrassée de ses graisses, et peut être employée à l'alimentation des chaudières. Nous avons dû nous assujettir à cette complication du refroidissement de l'eau ayant servi à la condensation, et de l'utilisation de celle qui a été condensée, par suite de la faible quantité d'eau dont nous disposons.

COMPRESSEURS D'AIR

Les compresseurs d'air sont au nombre de deux, pouvant produire ensemble 10^{m³} d'air à 5 kilos par minute ; chacun d'eux se compose comme moteur d'une machine compound, dont le petit cylindre a 0^m,500 de diamètre et dont le grand cylindre a 0,850.

La course commune est de 1,100. La distribution se fait par tiroirs, avec détente par tiroir demi-cylindrique, réglable à la volonté du machiniste. Chaque

cylindre à vapeur commande, dans son prolongement, un cylindre à air dont les dimensions sont les suivantes :

Diamètre..... 0,560

Course..... 1,100

Les fonds de ces cylindres sont munis de petits clapets à aspiration et de refoulement, et le refroidissement de l'air comprimé se fait par une injection d'eau pulvérisée sous pression, fournie par des pompes foulantes actionnées par des excentriques calés sur l'arbre du volant. Cette eau arrive par 3 busettes traversant chacun des fonds des cylindres. Sa pression est d'au moins 10 à 12 kilos à l'arrivée aux busettes.

La vitesse normale de la machine est de 36 tours par minute, pour produire la quantité d'air indiquée ci-dessus ; mais cette vitesse peut être portée à 45 tours facilement. La pression de vapeur au petit cylindre est de 8 kilos.

CHAUDIÈRES

Les générateurs de vapeur que nous avons adoptés sont du type semi-tubulaire, de 200 mètres carrés de surface de chauffe, se composant d'un corps cylindrique de 2^m,20 de diamètre et de 5^m,15 de longueur, formé de tôles d'acier de 20^{mm} d'épaisseur, recevant 82 tubes de 100^{mm} de diamètre. Ces chaudières sont munies de deux bouilleurs de 900^{mm} de diamètre et de 5^m800 de longueur, qui reçoivent directement l'action des flammes; les gaz, après avoir parcouru tout le bouilleur, reviennent à la partie antérieure, et ce n'est qu'après avoir été déjà refroidis et dépouillés de leur suie, qu'ils traversent les tubes pour s'échapper dans la cheminée.

Ces générateurs sont timbrés à 10 kilos; leur foyer est soufflé au moyen des appareils Meldrum; ils sont au nombre de 12.

RÉSUMÉ

En résumé, le siège d'extraction que nous avons organisé pour produire 1.000 tonnes par jour à 1.000 mètres de profondeur, a été installé de la façon suivante :

Deux puits égaux de diamètre de 4 mètres, murillés sur toute leur hauteur, guidage habituel en bois de chêne. Le puits d'extraction muni d'un chevalement métallique de 35 mètres de hauteur, molettes de 6 mètres de diamètre, câbles en acier de 180 kilos de résistance, diminués, s'enroulant sur deux tambours coniques placés l'un derrière l'autre, ayant 5^m,50 à 10,85 de diamètre, fous sur leur arbre.

Cages à trois étages avec deux chariots par étage, décagement automatique, manœuvres nulles par la machine d'extraction. — Vitesse des cages, 10 à 12 mètres en moyenne. — Cette machine du type horizontal, disposition double tandem, soit 4 cylindres de 0,750 et 0,900 de diamètre, et 1,80 de course, recevant, ceux à haute pression, de la vapeur à 8 kilos. — Distribution par soupapes. — Détente variable par le régulateur. — Appareils de sûreté comprenant: freins automatiques, taquets de sûreté, déclics et parachutes.

Le puits d'aérage, muni d'un sas à air et d'un chevalement métallique, permet à la rigueur l'extraction par une cage à deux étages; il est muni aussi d'un câble métallique rond diminué, s'enroulant sur tambour cylindrique, et utilisant l'ancienne machine de fonçage; il sert en tout cas couramment de puits de service.

Aérage par ventilateur Rateau de 3^m,40 de diamètre,

produisant 80^m sous 203^{mm} de dépression, avec installation de relai.

Compresseurs d'air pour exploitation en vallée et travaux divers.

Trainages à moteur électrique à l'intérieur et à l'extérieur.

Tous les échappements de machines sont envoyés à un atelier central de condensation qui utilise l'eau condensée pour l'alimentation après un dégraissage convenable.

Le personnel du siège atteindra, à un moment donné, 800 à 1.000 ouvriers. A leur intention on a créé des salles de douches, dans lesquelles chacun possèdera un placard à claire-voie fermant à clef où il pourra déposer ses habits de ville pour prendre ses habits de travail et inversement. Tout cela disposé pour que les nettoyages et désinfections puissent se faire très rapidement.

Les lampisteries, placées sur le passage de l'ouvrier se rendant à la recette ou en revenant, sont aménagées pour une distribution rapide des lampes; et sur le même parcours, les bureaux de surveillants et maîtres-mineurs permettent un contrôle facile.

L'installation est complétée par une salle d'essais où se font régulièrement les essais des câbles métalliques, à la tension, à la flexion et à la torsion, ainsi que les essais de combustibles, et une salle de secours où se trouve tout ce qu'il faut pour donner les premiers soins aux blessés, et pourvoir à leur transport.

Telle est la solution que nous avons adoptée à Ronchamp pour le problème de l'extraction à grande profondeur.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Poussigue d'avoir bien voulu compléter son très intéressant mémoire sur les conditions d'exploitation à grande profondeur en y ajoutant des renseignements concernant le puits de 1.015 mètres de Ronchamp.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Darphin sur l'installation d'un puits destiné à une exploitation très intensive ; cette question peut être traitée utilement en même temps que celle de l'extraction à grande profondeur.

M. DARPIN donne lecture du travail suivant :

**Installation d'un nouveau siège
à la Compagnie des Mines d'Anzin.**

Par M. DARPIN,

Ingénieur en chef des travaux du jour de la Compagnie des Mines d'Anzin.

La Compagnie des Mines d'Anzin a entrepris, en 1899, la création d'un nouveau siège d'extraction à grande production, la fosse d'Arenberg.

L'étude de cette installation ayant été faite en vue d'obtenir une extraction intensive et de réduire au minimum les frais de main-d'œuvre, nous avons pensé que la description des moyens employés pour arriver à ce résultat pourrait présenter quelque intérêt.

Nous ne nous étendrons pas sur le fonçage des puits qui n'a présenté aucune particularité bien saillante. Le siège comporte deux puits, l'un de 5 mètres de diamètre destiné à l'extraction, l'autre de 3^m,65 affecté à l'aérage. Les terrains supérieurs, assez ébouleux, ont été traversés au moyen d'une trousse coupante. Les troupes ont été arrêtées à la profondeur de 29 mètres et le fonçage a été continué à niveau vide par les procédés ordinaires.

Installation générale. — L'agencement du siège est indiqué par le plan général de l'installation (Pl. I).

Le puits principal ou puits N° 1 a, comme nous l'avons dit, 5 mètres de diamètre ; englobant ce puits, le bâtiment d'extraction comprend, au rez-de-chaussée, la recette inférieure, la baraque, les bains-douches pour les ouvriers ; à l'entresol, la lampisterie et quelques bureaux ; à l'étage, la recette supérieure et la machine d'extraction.

Entre le puits N° 1 et le puits N° 2 est disposée une puissante batterie de générateurs comprenant 12 unités de 150 mètres carrés. Ces chaudières sont timbrées à 10 kilos ; elles sont placées au centre de la consommation de vapeur, entre la machine d'extraction d'une part et les machines auxiliaires d'autre part.

La batterie de 12 chaudières est divisée en deux groupes de 6 unités entre lesquels est ménagée une salle de condensation centrale ; dans cette salle seront installés les appareils destinés à condenser la vapeur de la machine d'extraction et de toutes les machines auxiliaires.

A droite des chaudières, se trouve le puits N° 2 ou puits de retour d'air. L'installation du N° 1 étant très puissante, nous estimons qu'il ne sera pas nécessaire d'équiper le puits N° 2 ; néanmoins tout est disposé pour qu'on puisse, plus tard, le munir d'un chevalet et d'une machine d'extraction si le besoin s'en faisait sentir.

L'espace réservé à la deuxième machine d'extraction éventuelle est momentanément occupé par un treuil de visite ; il sert aussi de magasin.

A droite de cet emplacement réservé sont disposées les machines auxiliaires : les ventilateurs actionnés par des moteurs électriques, le compresseur d'air et les groupes électrogènes destinés à répartir la force

motrice sur tous les points du carreau et à fournir l'éclairage électrique des bâtiments, des cours et des 300 maisons ouvrières construites autour du siège d'exploitation.

L'atelier de criblage est situé en face du puits d'extraction ; plus tard, un atelier de lavage sera installé pour le traitement des fines ; les voies sont disposées en gravité de façon que les wagons vides ayant été déposés à l'amont, toutes les manœuvres se fassent à la main.

Nous ne nous attarderons pas à décrire en détail chacune des parties de cette installation ; nous désirerions seulement donner quelques indications sur les points les plus intéressants : la machine d'extraction, la disposition de la recette supérieure et les appareils de ventilation.

Machine d'extraction. — Si l'on veut réduire au minimum la quantité de combustible nécessaire pour produire un travail déterminé, on doit faire entrer la vapeur dans les machines à une pression élevée et l'en faire sortir à la plus basse pression qu'il soit possible d'obtenir.

Partant de ce principe, nous avons fixé à 10 kilos le timbre des chaudières et admis la marche à condensation. Cette pression de 10 kilos n'a rien d'exagéré ; elle est employée dans un grand nombre d'industries : dans les mines de Westphalie c'est la pression courante ; la condensation y est également appliquée avec fruit.

Dans le cas particulier de la fosse d'Arenberg, l'unité d'extraction étant très forte, la machine devait être très puissante ; cette machine devait, à chaque cordée, enlever une cage contenant 12 berlines de charbon et pesant 15 tonnes.

Nous avons écarté de prime-abord la machine du

type ordinaire à 2 cylindres égaux. On arrivait à des dimensions considérables ; avec des pressions élevées il eût été difficile d'obtenir l'étanchéité de pistons d'aussi grand diamètre ; en outre, l'écart de température entre l'admission et l'échappement étant très grand, il se fût produit dans les cylindres des condensations considérables. En un mot, lorsqu'on dispose de vapeur à haute pression, il est beaucoup plus économique d'employer la double expansion que de laisser la vapeur travailler et se détendre en une seule fois dans un cylindre unique.

Mais, si le problème de la double expansion est très simple lorsqu'il s'agit d'une machine à marche continue, développant un effort à peu près constant, il devient singulièrement plus complexe lorsqu'on a affaire à une machine d'extraction ; là, les démarrages sont fréquents, les charges irrégulières, le travail varie à chaque instant.

La machine compound à 2 cylindres présente certains inconvénients ; elle n'a pas toute la souplesse désirable ; si les câbles ne sont pas très bien réglés, les manœuvres manquent de précision et l'emploi du frein est fréquemment nécessaire ; lorsque le travail n'est pas également réparti entre les deux cylindres, les câbles fouettent dans le puits, ce qui peut occasionner des accidents ; enfin, si l'équilibre des moments n'est pas réalisé d'une façon parfaite par des dispositifs spéciaux, on arrive à des dimensions de cylindres considérables.

Cependant, nous n'avons pas voulu pour cela renoncer aux avantages de la double expansion ; connaissant les inconvénients que présente la machine compound à 2 cylindres, nous avons cherché à les éviter en conservant toutes les qualités de souplesse de la machine jumelle ordinaire à cylindres égaux et en y ajoutant l'économie de la double expansion.

Nous avons pensé que la machine compound-tandem à 4 cylindres répondrait à tous nos desiderata.

Cette disposition n'est pas nouvelle ; une machine de ce genre a déjà été installée en Angleterre aux mines de Llanbradack près de Cardiff.

Cette machine, étudiée dans tous ses détails par M. Galloway, a été construite par John Fowler et C^o de Leeds et montée en 1894.

Après l'avoir visitée et étudiée de près, nous nous sommes arrêtés au type que nous allons décrire et qui, bien que semblable à la machine de M. Galloway comme disposition générale, en diffère sensiblement par plusieurs points très importants.

Nous avons voulu avoir une machine qui fût aussi souple et aussi facile à conduire qu'une machine à deux cylindres égaux et qui permît d'exécuter, sans difficulté, les manœuvres de cages au jour (1).

Voici quels sont les dispositifs que nous avons employés pour y arriver (Pl. I, II, III) :

1^o La vapeur venant des chaudières est d'abord séchée dans un réservoir de vapeur ; à la sortie de ce réservoir sécheur, un modérateur (ou soupape d'arrivée de vapeur) permet d'introduire la vapeur dans les petits cylindres ou de supprimer à volonté toute admission. Lorsque ce modérateur est ouvert, la vapeur pénètre dans les cylindres à haute pression, agit derrière les pistons, puis s'échappe dans un receiver.

(1) Et principalement le mouvement d'avant-manœuvres, qui consiste à enlever la cage qui arrive au jour pour l'amener sur ses taquets lorsque la cage du fond repose déjà sur les taquets du fond ; dans ce cas, la cage chargée n'est équilibrée que par le câble ; c'est ordinairement le moment le plus grand à vaincre ; c'est aussi, par conséquent, la manœuvre la plus difficile à bien exécuter.

Dans ce receiver, la vapeur est réchauffée par un serpentín parcouru par la purge des enveloppes des petits cylindres.

Du receiver, la vapeur est envoyée dans les grands cylindres, mais, de même que précédemment, entre le receiver et les grands cylindres est interposé un second modérateur relié au premier et ouvert ou fermé en même temps que lui. La vapeur qui a travaillé dans les grands cylindres est évacuée au condenseur.

Ce second modérateur permet de supprimer l'action de la vapeur dans les grands cylindres en même temps que dans les petits ; il donne aussi la possibilité de conserver dans le receiver, depuis le moment où toute arrivée de vapeur est supprimée aux cylindres HP jusqu'au moment où devra se faire le mouvement d'avant-manceuvres, la vapeur nécessaire pour que les cylindres BP viennent en temps opportun aider et faciliter ce mouvement d'avant-manceuvres (nous verrons plus loin qu'un dispositif spécial permet de maintenir constamment dans le receiver la pression à 3 kilos).

2° Pour que les diverses manœuvres soient exécutées aisément, il faut que l'on puisse admettre la vapeur dans les grands comme dans les petits cylindres pendant la presque totalité de la course. L'étude de la distribution a été faite pour permettre une admission de 90 %.

Mais ce régime d'admission prolongée, très favorable à l'exécution des manœuvres, ne peut être le régime de marche normale. Il y a grand intérêt à marcher en détente dès que la machine atteint sa vitesse.

A l'intérieur des tiroirs de distribution se trouvent des tiroirs de détente qui font varier le degré d'admission suivant la position du régulateur, c'est-à-dire suivant

la vitesse de la machine. Ce régulateur agit simultanément sur les tiroirs de détente des 4 cylindres de la machine.

Tant que la machine n'a pas atteint sa vitesse de régime, c'est-à-dire pendant les 3 ou 4 premiers tours de chaque voyage, les tiroirs de détente permettent une admission de 90 % ; dès que cette vitesse est obtenue, le régulateur réduit la course des tiroirs de détente des 4 cylindres et l'admission est ramenée à 35 % dans chaque cylindre.

Vers la fin de la cordée, le mécanicien ferme les modérateurs, la vitesse se ralentit, le régulateur descend, les tiroirs de détente reprennent leur course primitive et la machine est, de nouveau, prête à fonctionner avec 90 % d'admission pour le moment d'avant-manceuvres.

Les deux caractéristiques de cette machine consistent donc dans le *double modérateur* et dans la *variation simultanée du degré d'admission aux 4 cylindres*.

Il en résulte que notre machine à 4 cylindres disposés 2 à 2 en compound-tandem peut être considérée comme l'accouplement de 2 machines ordinaires distinctes dont la première, constituée par les cylindres H P, reçoit la vapeur des chaudières à la pression de 8 à 9 kilos et évacue cette vapeur dans une atmosphère à 3 kilos de pression (dans le receiver) et dont la seconde, constituée par les cylindres B P, reçoit du receiver sa vapeur motrice et l'évacue au condenseur, c'est-à-dire dans une atmosphère à 0^k,100 de pression.

Ces deux machines comportent chacune les mêmes organes qu'une machine ordinaire : modérateur, régulateur agissant sur la détente ; elles travaillent ensemble avec un synchronisme parfait et additionnent leurs efforts. Leurs différents organes étant manœuvrés simultanément, la conduite de l'ensemble n'offre aucune difficulté spéciale et le mécanicien aura sa machine en

main aussi bien que s'il avait à conduire une machine à deux cylindres égaux.

En raison des grandes dimensions des tiroirs modérateurs, ces organes sont manœuvrés par un servomoteur. Il en est de même du changement de marche qui est actionné par un servo-moteur spécial.

Nous signalerons encore quelques particularités intéressantes de cette machine :

I. — Dans certains cas, après un arrêt prolongé par exemple, il pourrait arriver que la vapeur contenue dans le receiver se fût perdue ou condensée et ne vînt pas apporter en temps utile aux grands cylindres l'appoint de force sur lequel on était en droit de compter.

Pour obvier à cet inconvénient, nous avons muni le receiver d'une prise de vapeur directe. Une petite conduite amène la vapeur vive du réservoir-sécheur au receiver ; mais comme la pression est de 9 à 10 kilos au réservoir-sécheur et qu'elle ne doit guère être supérieure à 3 kilos au receiver, cette vapeur passe par un détendeur ou réducteur de pression. Au moyen de cet artifice, on est certain que le receiver sera prêt à tout instant à fournir aux grands cylindres la vapeur nécessaire pour exécuter les manœuvres ou le démarrage.

Pour empêcher la pression de s'élever plus qu'il ne convient dans le receiver dans le cas où le détendeur ne serait pas absolument étanche, une soupape de sûreté limite à 5 kilos la pression dans ce réservoir.

Cette introduction directe de vapeur dans le receiver, qui est avantageuse dans certaines circonstances, pourrait présenter des inconvénients dans deux cas : 1° pendant la marche normale de la machine, il serait inutile et même nuisible d'introduire entre les cylindres H P et les cylindres B P de la vapeur détendue ; le régulateur,

en même temps qu'il limite l'admission, supprime toute communication entre le réservoir-sécheur et le receiver dès qu'il commence à agir sous l'action de la force centrifuge. Aussitôt que la vitesse se ralentit et que le régulateur retombe, l'admission directe de vapeur au receiver est de nouveau rendue possible ; 2° lorsque la machine doit rester au repos pendant plusieurs heures, la nuit par exemple, il est complètement inutile d'alimenter le receiver ; par la manœuvre d'une pédale, le mécanicien peut fermer l'arrivée de vapeur au receiver lorsqu'il prévoit que l'arrêt de la machine sera de longue durée.

Ces deux correctifs suffisent pour supprimer les inconvénients qui auraient pu contrebalancer sérieusement l'avantage résultant de l'alimentation du receiver par une prise directe de vapeur détendue.

II. — La présence du second modérateur placé après le receiver aurait pu produire le résultat suivant : lorsque vers la fin du voyage la machine a acquis une force vive suffisante pour que la cage arrive au jour en absorbant simplement l'inertie des pièces en mouvement, le mécanicien ferme les modérateurs. Si les tiroirs de ces modérateurs sont absolument étanches, que va-t-il se produire : 1° la machine continuant à tourner dans le même sens, les pistons des petits cylindres vont faire le vide dans la capacité comprise entre eux et le tiroir du premier modérateur ; par la face opposée, ces pistons seront en communication avec le receiver qui est à une pression de 3 kilos environ ; cette contrepression importante tendra d'abord à annihiler plus rapidement l'inertie des pièces en mouvement ; en d'autres termes, le mécanicien devra fermer plus tardivement son modérateur et admettre quelques cylindrées de plus pour que sa machine puisse amener la cage

jusqu'à la recette du jour : c'est une consommation de vapeur inutile ; 2° pendant un arrêt de la machine, les deux faces des pistons des petits cylindres se trouvent en contact avec deux atmosphères à des pressions différentes ; si, par suite de défaut d'étanchéité ou de condensations inopportunes, la valeur relative de ces pressions venait à se modifier, il pourrait en résulter un mouvement intempestif de la machine.

Pour obvier à ces inconvénients, le receiver est relié aux conduites d'arrivée de vapeur à haute pression des petits cylindres ; un clapet de retenue empêche toute introduction de vapeur de la conduite à haute pression dans le receiver, mais dès que la pression dans cette conduite devient inférieure à celle du receiver, la vapeur du receiver soulève le clapet et pénètre sur la face avant du piston. Le vide ne peut donc plus se produire entre le tiroir du modérateur et le piston du petit cylindre ; ce piston se meut entre deux atmosphères dont les pressions s'égalisent à chaque instant. En outre, les mouvements intempestifs, pendant l'arrêt, ne sont plus à craindre.

III. — En vue de ménager de larges orifices au passage de la vapeur et de réduire les espaces nuisibles ainsi que le travail nécessité par le fonctionnement des tiroirs, nous avons adopté, pour la distribution, des tiroirs cylindriques verticaux munis de segments en fonte formant arêtes de distribution et placés verticalement à chaque extrémité des cylindres (1).

Les tiroirs de distribution des cylindres H P et B P

(1) Les tiroirs cylindriques ne peuvent, comme les tiroirs plans, se soulever sous l'effet d'une compression trop forte résultant du renversement de la marche ; pour obvier aux inconvénients que pourrait présenter une compression exagérée, des soupapes de sûreté chargées à 12 kilos pour les cylindres H P

sont conduits par l'intermédiaire d'une coulisse Gooch ; ils sont solidaires et manœuvrés par les mêmes barres de relevage ; le mécanicien commande l'arbre de relevage par l'intermédiaire d'un servo-moteur.

Les tiroirs de détente sont également cylindriques et munis de segments ; le déplacement de ces tiroirs est obtenu par une variation de l'angle de calage de l'excentrique.

Ce dispositif, étudié par MM. Dubois et C^{ie}, constructeurs de la machine, est des plus ingénieux.

IV. — *Condensation.* — Nous avons dit précédemment que la machine marchait à condensation. La vapeur, en sortant des grands cylindres, se rend dans un condenseur central qui reçoit les échappements de toutes les machines de l'installation. Cet appareil est établi pour pouvoir condenser 30.000 kilos de vapeur à l'heure.

On a hésité longtemps à appliquer la condensation aux machines d'extraction : on craignait que des variations dans le degré de vide ne fussent de nature à amener des troubles dans le fonctionnement de la machine ou même à provoquer des mouvements intempestifs pendant les périodes de repos. On pouvait craindre aussi que le mécanicien ne fût plus aussi maître de la machine lorsqu'il aurait à descendre des matériaux ou des ouvriers, en d'autres termes, lorsque le moment résistant devient négatif et tend à entraîner la machine.

Ces craintes ne sont pas fondées ; il suffit de voir avec quelle facilité sont conduites en Westphalie les machines

et à 6 kilos pour les cylindres B P ont été placées sur les orifices des tiroirs ; la décharge de ces soupapes aboutit, d'une part, au réservoir-sécheur pour les cylindres H P, d'autre part au receiver pour les cylindres B P.

qui marchent à condensation pour s'en convaincre. Il importe seulement que le vide soit aussi constant que possible et, dans cet ordre d'idées, il paraît préférable d'établir un condenseur recevant les échappements de toutes les machines de préférence à un condenseur spécial à la machine d'extraction ; la constance du vide ne nécessite alors l'emploi d'aucun artifice spécial, pourvu que les appareils de condensation soient largement calculés.

Pour la descente des matériaux ou du personnel, on peut, en battant contre-vapeur de temps en temps, conserver une allure aussi lente qu'on le désire et empêcher que la machine ne prenne une vitesse exagérée.

V. — *Appareils de sécurité.* — La machine d'extraction travaille sur un parcours rigoureusement déterminé, limité au jour par les molettes, au fond par les taquets.

Si ces limites sont atteintes avec une certaine vitesse, il peut en résulter de véritables catastrophes : il importe au plus haut point d'éviter que cette éventualité puisse se produire.

C'est dans ce but que nous avons pourvu la machine d'un appareil destiné à limiter sa vitesse et basé sur le principe suivant :

« Pour que la cage ne puisse aborder les taquets avec une vitesse exagérée, il est indispensable que dans la dernière portion du parcours sa vitesse ne puisse, en aucun cas, être supérieure à une limite fixée d'avance et décroissant au fur et à mesure qu'elle approche du jour. »

A chaque position de la cage dans le puits, correspond une vitesse maxima déterminée :

à 80 m. du jour la vitesse maxima admise est de 12 m.			
à 60 —	—	—	10 —
à 40 —	—	—	7 —
à 20 —	—	—	4 —
à 7 ^m ,50	—	—	2 —
à l'arrivée sur les taquets		—	1 ^m 50
à 10 mètres au-dessus de la recette —			0 m.

Si cette vitesse est dépassée, le mécanisme doit entrer en action.

Ce mécanisme ne doit pas empêcher de mettre rapidement la cage en vitesse au moment du départ. Il doit agir :

- 1° sur la valve d'arrivée de vapeur ;
- 2° sur le tiroir du frein.

La valve d'arrivée de vapeur peut être fermée brusquement sans qu'il en résulte aucun inconvénient, quelles que soient la vitesse de la machine et la position de la cage. Le frein doit être actionné d'autant plus doucement que la vitesse est plus grande : un serrage trop brusque pourrait, en effet, occasionner la rupture de la poulie de frein ou d'autres organes essentiels de la machine ; d'autre part, plus la cage approchera des molettes, plus le serrage du frein devra être rapide et énergique.

L'appareil suivant, dû à M. Neu, ingénieur à Lille, répond à ce programme :

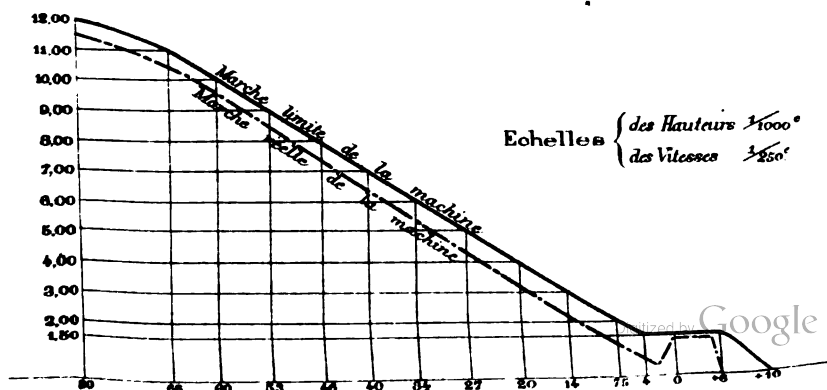
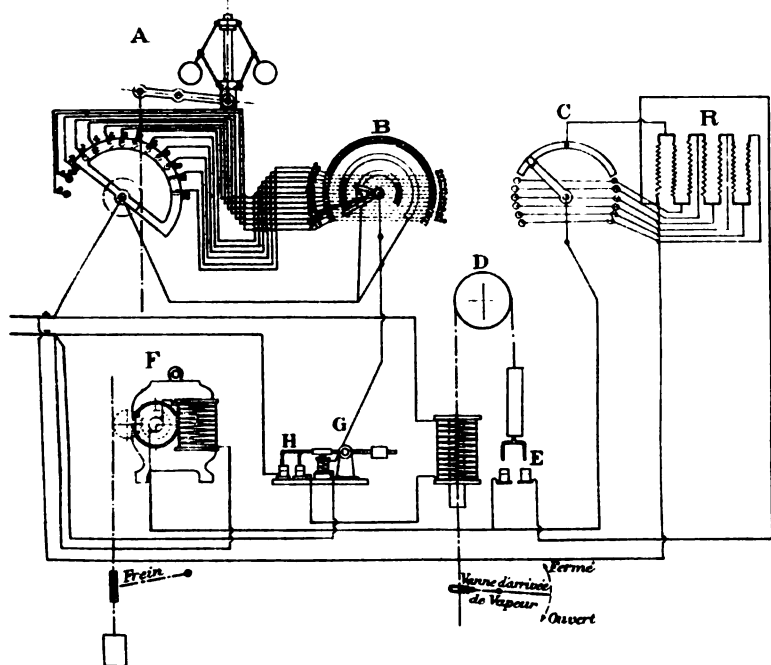
Deux cadrans indiquent, à chaque instant, l'un la position de la cage montante, l'autre la vitesse de la machine. Ces cadrans sont munis chacun d'une série de plots correspondant, d'un côté aux différentes vitesses, de l'autre aux positions successives de la cage dans le puits. Chaque plot du cadran des positions est relié

LIMITEUR DE VITESSE

Schema des Connexions des différents appareils

LEGENDE

- A. Indicateur des vitesses.
 B. positions de la cage.
 G. Relais.
 H. Interrupteur coupant le courant du solénoïde D.
 D. Solénoïde commandant la valve d'arrivée de vapeur.
 E. Interrupteur dont la rupture introduit des résistances R dans le circuit du moteur F.
 C. Cadran réglant les résistances d'après la position des cages (les aiguilles des cadrans B et C sont sur le même arbre).
 F. Moteur en série tenant relevé le contre-poids de commande du tiroir de frein.



électriquement au plot des vitesses maxima correspondantes.

Tant que la vitesse ne dépasse pas la limite imposée, le circuit est fermé et le courant électrique passe : il ne se produit rien d'anormal.

Mais, dès que pour une position déterminée de la cage, la vitesse dépasse la limite fixée, le circuit est ouvert et le mécanisme entre en jeu ; un solénoïde agit sur la valve d'arrivée de vapeur et la ferme brusquement ; un petit moteur électrique qui maintenait le frein desserré, ne recevant plus de courant, laisse redescendre un contrepoids qui produit le serrage du frein ; le serrage est d'autant plus rapide que la cage se trouve plus près du jour (1).

Une coulisse, pratiquée dans la tige qui commande le tiroir du frein, permet au mécanicien de serrer le frein à la main.

Comme les appareils sont étudiés pour fonctionner par rupture du courant, il en résulte qu'une interruption intempestive du courant n'aurait d'autre effet que d'arrêter prématurément la machine à vapeur.

Calcul de la machine. — La machine d'extraction a été calculée pour pouvoir extraire 1.000 à 1.500 tonnes par jour à des profondeurs variant de 250 à 750 mètres au moyen de cages à douze berlines.

Nous employons des câbles en aloès s'enroulant sur

(1) Le solénoïde porte à sa partie supérieure un interrupteur qui, tant qu'il est fermé, laisse passer directement le courant dans le petit moteur ; dès que cet interrupteur est ouvert, le moteur ne reçoit plus le courant qu'à travers un rhéostat R dont les résistances, connexées avec les plots de l'indicateur de position de la cage, augmentent au fur et à mesure que la cage s'approche du jour. Le courant étant de plus en plus affaibli, le petit moteur laisse retomber de plus en plus rapidement le contrepoids qui produit le serrage du frein.

des bobines. Nous avons tout d'abord calculé les câbles pour les étages échelonnés de 100 en 100 mètres, depuis 250 mètres jusqu'à 750 mètres.

Les données sont les suivantes :

Poids mort	{	Cage	4.500 k.
		12 berlines vides...	3.000
Poids utile	{	10 berlines de char-	
		bon et 2 herlines	
		de terre	7.500
			15.000 k.

Le poids de la partie de câble à section décroissante est donné par la formule

$$P = Q \left[\left(1 + \frac{b}{t}\right) \frac{L\delta}{b} - 1 \right]$$

où b tension supplémentaire à la patte.. = 165.700 k.

t tension à l'enlèvement..... = 812.300 k.

L profondeur des accrochages = 250, 350, 450, 550, 650, 750 mètres.

δ densité de l'aloès..... = 960 k.

L'épaisseur x et la largeur y sont données par la formule

$$x \times y = \frac{Q + P}{t + b}$$

Dans les câbles à 10 aussières $y = 7,48 x$, il vient

$$x = \sqrt{\frac{Q + P}{7,48 (t + b)}}$$

Au petit bout P étant nul, on aura

$$x_0 = \sqrt{\frac{15.000}{978.000 \times 7,48}} = 0,0452$$

$$y_0 = 7,48 \times 0,0452 = 0,338$$

Pour les divers étages, nous obtenons les poids suivants et les dimensions indiquées ci-dessous :

	250	350	450	550	650	750
Poids de la partie de câble à section dé- croissante. P =	4.633	6.864	9.351	12.118	15.201	18.634
Epaisseur au gros bout..... x =	0.057	0.060	0.063	0.066	0.070	0.075
Largeur au gros bout..... y =	0.428	0.448	0.478	0.493	0.524	0.561
Epaisseur moyen- ne x = m	0.051	0.0526	0.054	0.0556	0.0578	0.060

Rayons d'enroulement. — Supposons d'abord une roulisse en fonte de 1^m,800 de diamètre et 80 mètres de câble enroulés comme réserve. Nous avons ainsi pour 250 mètres :

$$\pi r^2 = \pi r_0^2 + (80^m \times 0,057) = 7,1034 \text{ d'où } r = 1.500$$

on trouve de la même façon :

pour	350	450	550	650	750
r =	1.520	1.555	1.580	1.610	1.650

Nous aurons de même pour les rayons finaux en déduisant 1/10 de la surface occupée par le câble dans la bobine pour tenir compte de son amincissement sous l'influence des pressions qu'il supporte :

$$\pi R^2 = \pi r^2 + \left(\frac{250 \times 0,051 - \frac{250 \times 0,051}{10}}{10} \right) = 2,365$$

et pour	350	450	550	650	750
R =	2.760	3.060	3.355	3.655	3.950

Si nous supposons maintenant une roulisse en fonte de 3^m,200 de diamètre et 80 mètres de câble enroulés

comme réserve, nous obtenons pour les valeurs de r et R les chiffres suivants :

pour	250	350	450	550	650	750
$r =$	1.99	2.02	2.04	2.06	2.08	2.115
$R =$	2.755	3.060	3.335	3.605	3.890	4.175

Moments résistants. — Nous calculerons les moments résistants en supposant des rayons d'enroulement initiaux voisins de 1^m,50 et 2 mètres et en considérant les quatre cas suivants :

1° Enlevage (1 cage pleine au fond, 1 cage avec 12 berlines au jour);

2° Arrivage (1 cage pleine au jour, 1 cage avec 12 berlines au fond);

3° Avant-manceuvres (1 cage pleine au jour, câble suspendu);

4° Remise des câbles (1 cage vide au fond, l'autre bobine complètement vide).

(Les résultats sont consignés dans le tableau ci-contre).

Tableau c

ÉTAGES	250		350		450
	r...	R...	r...	R...	r...
RAYONS D'ENROULEMENT	1.50	1.99	1.52	2.02	1.555
	2.365	2.755	2.760	3.060	3.060
<i>Enlevage.</i>					
Cage chargée au fond (Q + P) r	29.450	39.070	33.233	44.165	37.865
Cage vide au jour.....	17.737	20.662	20.700	22.950	22.950
Moments	11.713	18.408	12.533	21.215	14.915
<i>Arrivage.</i>					
Cage chargée au jour Q R...	35.475	41.325	41.400	45.900	45.900
Cage vide au fond (Q ₀ + P) r.	18.199	24.144	21.833	29.015	26.203
Moments	17.276	17.181	19.567	16.885	19.697
<i>Avant-manceuvres.</i>					
Cage chargée au jour Q R....	35.475	41.325	41.400	45.900	45.900
Câble suspendu P r.....	6.949	9.219	10.433	13.865	14.494
Moments	28.526	32.106	30.967	32.035	31.406
<i>Remise des câbles.</i>					
Câble suspendu. — Moments (Q ₁ + P) r.....	13.700	18.240	17.273	22.955	21.538

moments résistants

550		650		750		OBSERVATIONS
.58	2.06	1.61	2.08	1.65	2.115	
.355	3.605	3.655	3.890	3.950	4.175	
.846	55.863	48.624	62.818	55.496	71.135	
.162	27.037	27.412	29.175	29.625	31.312	
.684	28.826	21.212	33.643	25.871	39.823	
.325	54.075	54.825	58.350	59.250	62.625	
.996	40.413	36.547	47.218	43.121	55.273	
.329	13.662	18.278	11.132	16.129	7.352	
.325	54.075	54.825	58.350	59.250	62.625	
.148	24.963	24.474	31.618	30.746	39.410	
.177	29.112	30.351	26.732	28.504	23.215	
.256	34.233	31.718	40.978	38.171	48.928	En raison de la grande épaisseur des câbles, nous pensons que la machine doit être calculée pour des rayons initiaux de 2 mètres.

De l'examen du tableau précédent, il résulte que le moment résistant maximum correspond à la remise des câbles pour l'étage de 750 mètres. Ce moment exceptionnel ne se présentera que bien rarement et seulement lorsqu'on fera l'extraction au niveau de 750 mètres, c'est-à-dire dans un avenir très lointain. La machine ne doit pas être calculée uniquement pour cet effort anormal qu'il sera toujours possible d'atteindre en employant les moyens que nous indiquerons plus loin ; nous calculerons les dimensions en vue d'obtenir une bonne utilisation de la vapeur pendant la marche normale et d'assez grandes facilités pour les manœuvres.

Deux moments résistants sont surtout à considérer pour le calcul :

1° le moment pendant la marche qui permet d'apprécier l'emploi économique de la vapeur ;

2° le moment d'avant-manœuvres qui dure très peu mais qui, se présentant à la fin de chaque voyage, doit pouvoir être vaincu sans hésitation.

Moments pendant la marche. — Les moments moyens pendant la marche $\left(\frac{\text{enlevage} + \text{arrivage}}{2} \right)$ sont :

17.800 pour 250	20.150 pour 450	22.387 pour 650
19.100 pour 350	21.244 pour 550	23.587 pour 750

C'est sur le moment moyen des 3 premiers étages (19.000) que nous calculerons, car il est probable qu'à partir de 550 on sera amené à se servir de câbles à 12 aussières.

Total effectif sur les câbles par tour de machine.

$$19.000 \times 2 \times 3.14 = 119.320 \text{ kilos.}$$

En admettant que par suite des deux cylindres supplémentaires le rendement de la machine ne soit que de 0,68, le travail, calculé par tour de machine, devra être de $\frac{119.320}{0,68} = 175.500$, soit, par côté de machine, de 87,750 kilos.

La course des pistons étant de 1^m,80, l'effort moyen calculé sera de :

$$\frac{87.750}{3^m,60} = 24.380 \text{ kilos.}$$

Diamètre des grands cylindres. — Pour ce calcul, nous supposerons que tout le travail doit être fait par les grands cylindres dans les conditions ci-après :

Pression initiale absolue..... 9 kilos

Contre-pression absolue..... 0k,250.

Enfin, nous admettrons une détente totale réelle de 11 pour que la pression finale absolue dans le grand cylindre soit de 0.820, environ 570 gr. au-dessus de la pression atmosphérique $\frac{9}{11} = 0,820$ qui nous donnera des conditions avantageuses pour l'emploi économique de la vapeur et assurera son écoulement facile.

Volume engendré 100. Volume total 102.

$$\text{Admission } \frac{102}{11} = 9.30$$

Admission apparente 7.30.

$$\begin{aligned} p m &= K p - p' \quad K = c + (c + m) \log. \text{ nat. } \frac{1 + m}{e + m} \\ &= 0.073 + 0.093 \log. \text{ nat. } 11 = 0.28 \\ p m &= 0.28 \times 9 - 0.25 = 2^k,27 \end{aligned}$$

Pour obtenir la pression de 24.380 kilos, la section

utile des grands pistons devra être de $\frac{24.380}{2.27} = 1^m.0740$
et le diamètre des grands cylindres de $1^m,165$.

En adoptant entre les cylindres un rapport de 2.90, le travail sera également réparti sur les deux pistons ; la section des petits cylindres devra être de 0.3650, correspondant à un diamètre de $0^m,690$.

Moment d'avant-manœuvres. — Le moment d'avant-manœuvres est maximum pour l'étage de 250 mètres ; il est égal à 32.106 unités.

Pour vaincre ce moment, nous disposons pour les cylindres HP d'une pression de 8 kilos, pour les cylindres BP la pression est réglée par le détendeur qui alimente le receiver ; sa valeur sera déduite de la formule ci-dessous :

$$(3.650 \times (8 - x) + 10.740 \times x) \times 0.90 \times 0.90 \times 0.85 = 32.106.$$

En effectuant, nous trouvons $x = 2^k,45$, soit une pression effective de $1^k,70$.

Moment moteur maximum. — Pour calculer ce moment, nous supposerons au modérateur HP une pression de 10 kilos, au receiver une pression de 5 kilos et au condenseur une pression absolue de 200 gr.

$$M = [3.650 \times (10 - 5) + 10.740 \times 5,8] \times 0.90 \times 0,90 \times 0.85 = 55.450.$$

Cette machine serait donc suffisante pour effectuer la remise des câbles à l'étage de 750 mètres.

Le tableau ci-après donne les pressions moyennes et les admissions pour l'enlevage et l'arrivage aux différents étages considérés.

(Pour ces calculs, le rendement a été supposé de 0.65).

	350		350		450		550		650		750	
	Pression.	Addition.	Pression.	Addition.	Pression.	Addition.	Pression.	Addition.	Pression.	Addition.	Pression.	Addition.
Enlevage.	2.33	10%	2.70	13%	3.12	15%	3.65	18%	4.26	22%	5.04	31%
Arrivage.	2.17	10%	2.14	9%	1.98	8%	1.73	7%	1.41	6%	0.93	5%

Encagement et décagement. — Pour donner à l'extraction une grande intensité et obtenir de l'installation le maximum d'effet utile, il importe que la durée de l'encagement et du décagement des berlines prenne le moins de temps possible.

Nous avons songé tout d'abord à employer le système imaginé par M. Tomson, directeur des mines de Harpen (Westphalie), qui consiste à faire sortir d'un seul coup toutes les berlines pleines contenues dans la cage et à les remplacer simultanément par des berlines vides (1).

Mais comme l'installation doit être la même au fond qu'au jour et que nos mauvais terrains se prêteraient fort mal à des installations nécessitant des excavations de 8^m,70 de longueur, nous avons dû renoncer à ce système qui donne d'ailleurs d'excellents résultats, nous l'avons pu constater à Preussen.

Pour arriver à exécuter les manœuvres rapidement, nous les rendons indépendantes de la machine d'extraction et, afin de les réaliser économiquement, nous utilisons la gravité pour produire le mouvement des berlines.

La cage est reçue sur des taquets hydrauliques par son châssis supérieur (Pl. IV). Les trois planchers qui

(1) Voir la *Revue universelle des Mines et de la Métallurgie*, février 1898, page 137.

Encagement et décapement à la recette supérieure.

Fig - 1

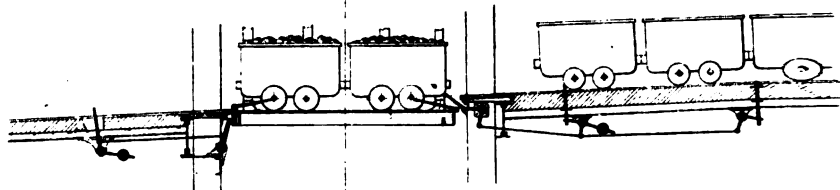


Fig - 2

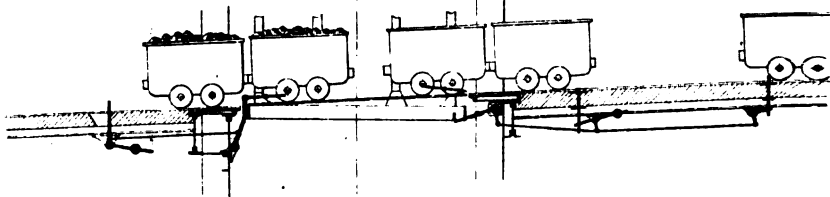


Fig - 3

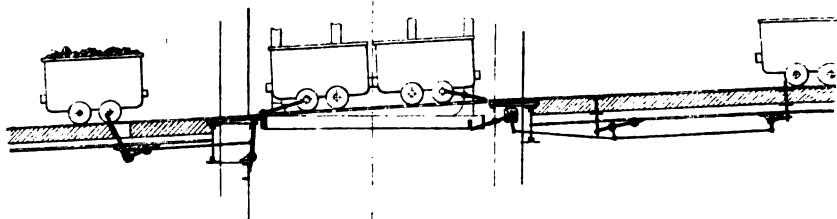
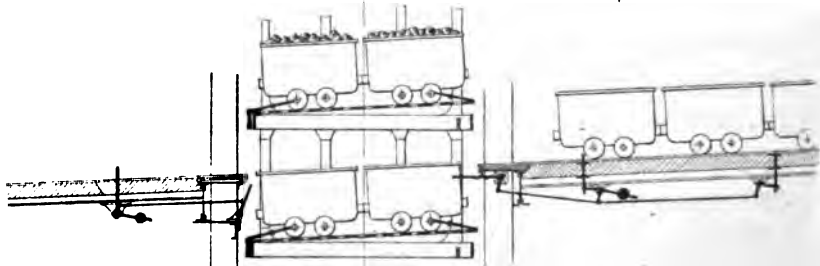


Fig - 4



reçoivent les berlines sont horizontaux lorsque la cage voyage dans le puits, mais ils prennent une forte inclinaison au moment où elle s'appuie sur les taquets.

Lorsque la cage arrive au jour (Fig. 1), elle est soulevée par le mécanicien un peu plus haut que les corbeaux des taquets hydrauliques sur lesquels elle doit venir reposer ; on la laisse ensuite redescendre et une butée de soulèvement des planchers vient d'abord s'appuyer sur les taquets ; les trois planchers de la cage sont soulevés simultanément à l'arrière, mais les berlines, encore maintenues par leurs arrêts, ne peuvent sortir. Au moment où le cadre supérieur de la cage repose sur les taquets (Fig. 2), le décaissement de l'étage inférieur s'opère automatiquement de la façon suivante : l'arrêt de berline, placé du côté du décaissement, porte un contrepoids guidé qui vient reposer sur un petit taquet de décaissement placé près du plancher de recette ; ce contrepoids se soulevant, l'arrêt de berline s'efface et laisse rouler sur le plancher qui vient de s'incliner les deux berlines qu'il retenait. Ces deux berlines pleines, lorsqu'elles sont sorties de la cage (Fig. 3), viennent buter contre un petit levier qui efface le taquet de décaissement ; l'arrêt de berline reprend sa position normale et retient les berlines vides qui sont entrées dans la cage. Ces dernières ont été mises en mouvement par le châssis même de la cage qui, en arrivant au niveau de la recette, a effacé le taquet d'encagement placé à l'amont (Fig. 2) ; elles sont entrées seules en abaissant l'arrêt de berline d'amont qui s'est refermé ensuite par son propre poids (Fig. 3). Donc, au moment où la cage est venue reposer sur les taquets hydrauliques, les 4 berlines pleines que contenait l'étage inférieur de la cage sont sorties et 4 berlines vides sont venues d'elles-mêmes prendre leur place.

A ce moment, le moulineur ouvre le robinet des taquets hydrauliques, la cage descend et abandonne le levier de manœuvre des taquets d'encagement (Fig. 4) ; un contrepoids ramène aussitôt ces taquets dans leur position primitive, et, sur chaque voie, deux berlines vides viennent s'écluser entre les deux taquets. Le second châssis de la cage arrivant au niveau de la recette, on ferme le robinet, le jeu des mêmes organes se reproduit comme précédemment et 4 autres berlines vides viennent remplacer 4 pleines.

Nouvelle manœuvre de robinet, puis encagement et décagement du dernier étage.

Nous estimons qu'avec ce système un homme suffira pour faire sortir les 12 berlines pleines de la cage et les remplacer par 12 vides, et que le décagement des trois étages n'exigera pas plus de 20 à 25 secondes.

Pendant la durée du voyage, ce même ouvrier, assisté d'un gamin, disposera 12 nouvelles berlines vides sur les voies en amont du puits tandis que deux moulineurs égrèneront les berlines pleines dans les culbuteurs de l'atelier de criblage.

Les taquets hydrauliques du jour présentent certaines particularités ; la pression nécessaire pour faire remonter les taquets après le départ de la cage, est donnée par un accumulateur. Les fuites, peu importantes d'ailleurs, sont compensées par une petite pompe à main. En hiver, pour éviter les effets de la gelée, on injecte dans l'accumulateur une solution à 25 % de chlorure de calcium, qui ne gèle pas sous notre climat.

Les corbeaux des taquets sont maintenus en position par une cataracte dont l'orifice est fermé tant que les 3 étages de la cage ne sont pas déçagés. Aussitôt que la dernière berline est sortie de la cage, on ouvre une troisième fois le robinet des taquets hydrauliques, la cage descend encore un peu, le pointeau de fermeture

de la cataracte s'entr'ouvre, les corbeaux peuvent dès lors s'effacer; les 3 planchers reprennent doucement leur horizontalité et la cage est de nouveau suspendue au câble.

Ainsi, toute la manœuvre au jour peut se faire sans le secours de la machine d'extraction; le mécanicien n'a pas à se préoccuper de changer plusieurs fois la marche de sa machine pour amener les différents étages de la cage successivement en face du plancher de recette. Il en résulte d'importantes économies de vapeur et de temps; cette simplification des manœuvres a une heureuse répercussion sur les frais d'extraction.

Pour la translation des ouvriers, les berlines sont retirées des cages et chaque étage est fermé par des portes en tôle facilement amovibles. On peut descendre à la fois 52 hommes dans chaque cage. Le parachute employé est du système Malissard; les griffes agissent directement sur les rails-guides en acier.

Ventilateurs. — Une extraction intensive exige un grand volume d'air et des appareils de ventilation puissants.

D'autre part, notre gisement non grisouteux aux étages supérieurs, le deviendra, selon toutes probabilités, à une certaine profondeur.

Nous devons donc installer un appareil à grand débit et susceptible d'être mis facilement en harmonie avec la mine dont l'orifice équivalent est variable d'un étage à l'autre.

Le ventilateur Guibal — muni d'une vanne qui permet de le mettre à chaque instant en concordance avec la mine sur laquelle il aspire, — présente à ce point de vue des avantages que ne possèdent pas d'autres ventilateurs; mais comme l'ancien Guibal possède un pouvoir débitant assez faible, nous avons

cherché à en modifier la construction de façon à le rendre plus puissant et moins encombrant.

Dans nos mines du Nord, qui sont ordinairement étroites, il est difficile d'arriver à des orifices équivalents supérieurs à 1^m,50 ou 2 mètres carrés. Pour obtenir ce dernier orifice, il est même nécessaire de créer de très larges retours dans les terrains le plus souvent ébouleux et de multiplier le nombre des entrées et des sorties d'air tant sont étroits les passages dans les chantiers en exploitation.

Pour obtenir de grands volumes d'air sur de pareilles mines, il faut disposer d'appareils de ventilation donnant d'assez fortes dépressions et par conséquent d'appareils à grande vitesse périphérique. Le Guibal ordinaire se prête mal aux grandes vitesses, la forme des ailes et des bras n'a pas été étudiée pour résister aux effets de la force centrifuge ; ces ailes sont lourdes, l'ossature est composée de gros fers méplats inclinés sur le rayon ; la force centrifuge agit rapidement sur ces bras pour les disloquer et les disjoindre. Il en résulte que le Guibal de 9 mètres, par exemple, peut difficilement dépasser 65 à 70 tours.

Un autre défaut de cet appareil consiste dans sa largeur excessive. Le Guibal de 9 mètres à une seule ouïe a ordinairement 2^m,50 de largeur ; il est à peu près certain que du côté opposé à l'ouïe et au voisinage de l'axe, il existe une région neutre, ou plutôt nuisible, dans laquelle l'air vient tourbillonner et absorber, inutilement en remous, une partie du travail ; plus la largeur du ventilateur est grande, plus cette zone nuisible prend d'importance. C'est pourquoi nous avons pensé que la réduction de la largeur du ventilateur ne pourrait produire que de bons résultats. En construisant le ventilateur à 2 ouïes, l'inconvénient que nous venons de signaler est très atténué ; on peut même le supprimer

complètement en guidant l'air à l'entrée pour éviter les remous.

Les considérations qui précèdent nous ont amenés à étudier et à construire un ventilateur genre Guibal établi sur les bases suivantes (Pl. V) :

1° Les ailes sont radiales de façon à bien résister à l'action de la force centrifuge. Ces ailes sont portées par des bras fortement encastrés dans le croisillon médian calé sur l'arbre ;

2° Le ventilateur est à 2 ouïes ; il a 6 mètres de diamètre et 2 mètres de largeur ; il est divisé en deux parties par un diaphragme médian qui ne permet aux filets d'air de se rencontrer que lorsqu'ils ont pris des directions bien parallèles ;

3° Le nombre des ailes a été fixé à huit ; nous avons songé d'abord à augmenter ce nombre, mais le Guibal a une vitesse de circulation très faible ; il est inutile d'avoir des ailes nombreuses ; cela rendrait le ventilateur plus lourd et augmenterait les frottements ;

4° Diffuseur spiraloïde. La question la plus délicate était la modification du tracé du diffuseur. Dans le Guibal ordinaire, le ventilateur ne débite que sur le quart environ de la périphérie ; c'est ce qui conduit à de très grandes dimensions pour des appareils débitant des volumes d'air relativement faibles. Il y avait donc sans doute une amélioration à réaliser de ce côté.

Mais en commençant la volute beaucoup plus tôt, n'allait-on pas changer le caractère du ventilateur ? Cette crainte nous a engagés à ne procéder qu'avec une grande circonspection à la modification de cette partie de l'appareil. Dans le premier ventilateur construit à Anzin, nous avons fait commencer la volute un peu après la partie supérieure de l'axe vertical ; puis, le

résultat étant bon, nous sommes ensuite partis franchement de la base de la cheminée. Nous devons dire que cette dernière disposition donne d'aussi bons résultats que le tracé primitif de Guibal;

5° Distributeur. Nous avons dit plus haut que les ailes étaient disposées suivant le rayon. On ne pourrait le faire sans employer un artifice spécial permettant de faire arriver l'air sans choc au contact des ailes. Sur les conseils de M. Rateau, nous avons fait arriver l'air dans l'ouïe par un distributeur spiraloïde analogue à celui qui a été appliqué autrefois par Kley, en Allemagne, sur un certain nombre de ventilateurs.

A quelques mètres du ventilateur, la galerie d'arrivée d'air se bifurque en deux conduits aboutissant aux ouïes. Ces conduits diminuent graduellement de section à partir du point où l'air commence à pénétrer dans l'ouïe jusqu'à avoir une section nulle à l'extrémité du pourtour de l'ouïe. En chacun des points, la section est calculée de telle façon que la vitesse de l'air soit la même que la vitesse des ailes, au bord, du côté du centre; de cette façon, l'air arrive dans le ventilateur sans choc.

Ce distributeur présente d'autres avantages: comme il est très plat, il réduit la largeur du ventilateur à son minimum; il s'ensuit que la longueur et les dimensions de l'arbre ne sont pas exagérées. En outre, il laisse libre un anneau central dans lequel viennent se loger l'arbre et les paliers qui se trouvent ainsi complètement en dehors du courant d'air. Les paliers sont d'une surveillance beaucoup plus faible que lorsqu'ils sont placés dans l'air de la mine.

Ce ventilateur, expérimenté pour la première fois à Anzin, en 1895, nous a donné de bons résultats; le rendement mécanique industriel de l'ensemble consti-

tué par la machine motrice et le ventilateur est de 0,60. La courbe des rendements est très tendue et le maximum se maintient pour des orifices équivalents très différents, pourvu que l'on prenne soin de bien régler la hauteur libre sous la vanne, et de l'adapter à chaque orifice. A d'Arenberg, le ventilateur sera attaqué directement par un moteur électrique ; il devra donner 80^m d'air par seconde sur un orifice de 2^m à la vitesse de 170 tours, avec une dépression de 231^{mm} d'eau.

Un ventilateur de relai identique au premier sera monté à côté de celui-ci pour le remplacer en cas de besoin.

Si l'on en excepte le compresseur d'air dont la vitesse et la puissance varient à chaque instant et qui est attaqué par une machine à vapeur spéciale, tous les autres moteurs sont électriques. C'est ainsi que l'atelier de criblage, le lavoir, les pompes souterraines, les élévateurs sont commandés électriquement. Nous nous proposons aussi d'installer au fond un trainage par locomotive électrique.

Nous estimons que le rendement obtenu avec des groupes électrogènes, puissants et bien établis, doit être supérieur à celui qu'on obtiendrait si la vapeur était éparpillée sur tous les points de l'installation pour mettre en action une série de petits moteurs à vapeur de faible importance. Nous sommes convaincus que l'avenir justifiera cette opinion.

M. P. MAURICE a la parole pour faire une communication sur une nouvelle méthode de calcul des câbles.

**Méthode pour déterminer exactement
le profil d'un câble d'extraction en matière textile
à section décroissante.**

Par M. P. MAURICE, ingénieur civil des Mines.

Diverses méthodes ont été employées pour déterminer par le calcul le profil d'un câble d'extraction à section décroissante.

On a d'abord proposé de donner à ces câbles la forme d'un corps d'égale résistance. On a depuis longtemps reconnu que le profil qui résulte de cette conception, purement théorique, est éminemment défectueux. Les conditions du travail d'un câble d'extraction sont en effet fort différentes d'un point à un autre, et il existe une région, voisine de l'enlèvement, qui est soumise à des causes d'usure locales, les unes usant par frottement la surface seule du câble, mais d'une manière beaucoup plus intense au point précis où le câble se trouve en contact avec la molette lorsque commence le ralentissement de la marche, les autres (chocs dus aux démarrages et actions destructrices de diverses natures), désagrégeant les fils de caret eux-mêmes, et produisant, si l'on peut s'exprimer ainsi, des lésions internes parfois importantes.

Tout n'a pas été dit sur ces causes d'usure particulières que des circonstances récentes nous ont amené à étudier. Il y aurait un intérêt considérable à poursuivre cette étude, mais elle ne fera pas l'objet de la présente communication.

On savait, dès 1884, à la suite d'expériences faites en Belgique par MM. Vertongen-Gtoens, et en France, à Commentry, par M. Planchard, qu'il convenait de faire travailler un câble d'extraction à un taux moins

élevé dans la région voisine des enlevages que partout ailleurs.

Nous trouvons cette opinion nettement exprimée par M. Henri Deroux, dans une brochure publiée à cette époque (1). M. Charles Vertongen publiait, à la même époque, dans le *Bulletin* de la Société de l'Industrie Minérale (2^e série, t. XIII), un remarquable mémoire dans lequel il proposait une nouvelle formule pour le calcul des câbles d'extraction.

Cette formule est précisément celle à laquelle a eu recours M. Poussigue dans la communication faite au Congrès (*Bulletin* de la Société de l'Industrie Minérale, 3^e série, tome XIV, 3^e livraison, 1^{re} partie, page 238 et suivantes).

Dans cette formule, comme d'ailleurs dans toute formule que l'on pourrait imaginer en supposant que la section droite du câble varie d'une manière continue, il n'est tenu aucun compte des causes d'usure locales qui affectent plus spécialement certains points du câble.

De plus, comme l'on ne peut, dans la pratique, faire varier la section d'une manière continue, il se produit un écart non négligeable entre la résistance calculée et celle réalisée.

Dans les corderies qui fabriquent les câbles à section diminuée, la décroissance de la section s'obtient en supprimant simultanément un même nombre de fils par toron dans toutes les aussières du câble.

Cette suppression ne serait-elle que d'un fil, dans un câble à 10 aussières, formé de fils pesant 7 à 8 grammes au mètre courant, il en résulterait une diminution brusque de près de 300 grammes dans le poids

(1) Les câbles de mine, par Henri Deroux, ingénieur civil des mines, rédacteur en chef du journal *La Houille*, Paris, 1884.

du mètre de câble, diminution correspondant à une chute également brusque de 2.400 kilog. dans la résistance. Cette variation minima de la résistance étant considérable, on devra, dans les calculs, considérer un câble d'extraction à section décroissante, non pas comme un câble à section régulièrement décroissante, mais bien comme un câble constitué par une série de câbles à section uniforme soudés les uns aux autres bout à bout.

La méthode de calcul que je propose consiste à déterminer non plus la section en un point du câble, mais le nombre de fils de caret qui doivent composer ses diverses parties uniformes et les longueurs de ces parties.

Pour la commodité du langage, nous nommerons *résistance spécifique* d'un cordage ou d'un fil, le quotient obtenu en divisant la charge de rupture par le poids de l'unité de longueur de l'échantillon.

Résistance spécifique des fils de caret. — La résistance spécifique des fils de caret en chanvre de Manille est, d'après des expériences récentes faites à Lille par M. Ch. Dantzer, deux fois et demie celle du câble entier, dans les conditions ordinaires de fabrication.

Résistance spécifique d'un câble plat en chanvre de Manille. — Cette résistance varie avec le poids de couture qui entre dans le câble, avec la torsion et avec la proportion de goudron employée. Elle est en moyenne de 8.000 à 8.500 kilog. pour les câbles plats en chanvre de Manille. Elle est pratiquement *indépendante de la densité du câble*, au contraire de ce qui a lieu pour la charge de rupture par centimètre carré (1). C'est pour

(1) La densité est moindre au gros bout qu'au petit bout d'un câble. La charge de rupture par centimètre carré doit probablement varier dans le même sens.

cette raison que nous estimons que la résistance spécifique est un terme de comparaison plus sûr que la charge par centimètre carré.

Tension en un point du câble. — La tension en un point du câble sera, dans ce qui va suivre, la charge réellement supportée par une section du câble divisée par le poids de l'unité de longueur.

Si un câble travaille au 1/7, au 1/10, au 1/12 de la charge de rupture, sa tension sera le 1/7, le 1/10, ou le 1/12 de la résistance spécifique.

Rapport entre le poids de l'unité de longueur et le nombre de fils qui constituent un câble. — D'après nos propres expériences, ce rapport dépend du poids et de la grosseur des fils employés, de la torsion, de la tension donnée aux fils pendant que le câble est commis. Il est possible de donner une expression assez exacte de ce rapport. Mais, pour le but que nous poursuivons en ce moment, il suffit de savoir que dans les conditions où sont commises les aussières destinées à la confection des câbles d'extraction, il est approximativement exprimé par la formule empirique

$$(1) \quad \frac{P}{N} = p. 1,37$$

N est le nombre total de fils du câble.

p le poids de l'unité de longueur du fil de caret.

P le poids de l'unité de longueur du câble.

Cette formule nous permettra, connaissant le fil que l'on doit employer, et le poids que doit avoir le câble, de déterminer le nombre de fils correspondant ; ou inversement, connaissant le nombre de fils, d'en déduire le poids du mètre de câble.

Le poids lui-même est proportionnel à la tension sous laquelle le câble doit travailler.

t , représentant cette tension, qui sera une fraction donnée f de la résistance spécifique r , on aura

$$(2) \quad t = f. r$$

D'autre part, en représentant par Q la charge effective portée par la section du câble, on a :

$$(3) \quad P = \frac{Q}{t}$$

De ces relations on déduit :

$$(4) \quad \frac{Q}{N} = f. p. r \times 1,37 = \frac{f}{a} \quad a = \frac{1}{1,37 p. r}$$

Détermination du nombre de fils et de la longueur de chaque partie du câble. — 1° Partie inférieure du câble. — Les dimensions du petit bout du câble seront définies par deux conditions : d'abord que la tension à la patte soit assez faible pour que celle-ci résiste efficacement aux chocs dont elle est le siège, ensuite, que la tension à l'autre extrémité de cette partie du câble ne dépasse pas celle qui est admise comme un maximum.

On admet généralement qu'un câble en Manille peut travailler à la patte au $\frac{1}{9}$ ou au $\frac{1}{10}$ de la charge de rupture. La tension à la patte sera donc, en posant

$$\frac{1}{9} = f' \text{ ou } \frac{1}{10} = f'$$

$$(5) \quad t_0 = f' r$$

Soit Q_0 la charge à élever, P_1 le poids de l'unité de longueur au petit bout et L_1 la longueur de ce petit bout.

$$(6) \quad Q_0 = P_1 t_0 = f' P_1 r$$

Le nombre de fils correspondant sera donné par la relation (4). Il est :

$$N_1 = \frac{a Q_0}{f'}$$

Pour déterminer L_1 , nous remarquerons que pour chaque mètre de câble la tension augmente d'un kilog. ; la tension au bout de L_1 mètres sera par suite $t_0 + L_1 = T_1$.

La tension T_1 est elle-même déterminée par la condition

$$T_1 \leq f r$$

La longueur de la petite section du câble sera par suite

$$(7) \quad L_1 = fr - t_0 = r(f - f')$$

Par exemple, si l'on prend

$$r = 8.000$$

$$f = 1/8$$

$$f' = 1/9$$

$$Q_0 = 6.500$$

Les formules précédentes donnent, en supposant que le poids d'un mètre de fil de caret soit de 8 grammes, les valeurs provisoires suivantes :

$$P_1 = 7^k, 312$$

$$N_1 = 667$$

$$L_1 = 111^m, 11.$$

Si le câble doit être formé de 10 aussières, il est d'usage de mettre un fil de moins par toron aux deux aussières de bord pour permettre à la couture de s'y loger sans produire de surépaisseur ; le nombre N augmenté de 6 devra être divisible par 30 ; les nombres de cette nature les plus voisins de la valeur trouvée sont 654 et 694.

On prendra, par suite, définitivement :

$$N_1 = 654$$

$$P_1 = 7^k, 168$$

$$f' = \frac{1}{8,8}$$

$$L_1 = r(f - f') = 8.000 \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{8,8} \right) = 90^m, 91.$$

Dans le câble ainsi calculé, le point situé à 90^m,91 de la patte travaillera au huitième de la charge de rupture.

La tension à la patte sera

$$t_0 = \frac{Q_0}{P_1} = 906^k,4$$

La tension au point qui se trouve à une distance x de la patte sera

$$t = t_0 + x$$

Sil'on porte t en ordonnée et x en abscisse, on obtient une droite inclinée de 45° sur les axes, très facile à tracer.

2° Parties du câble autres que la partie inférieure. — Si, partant de la patte, on passe d'une partie du câble à la suivante, le nombre de fils de chaque toron du câble augmente de un, deux, trois, quatre ou cinq. Il en résulte, au point où se fait ce changement, une chute de la tension et une augmentation du poids du mètre courant. La longueur de la nouvelle partie du câble s'obtiendra en retranchant la tension ainsi réduite de celle que l'on admet comme maximum, car la tension augmente exactement de un kilo par mètre de câble suspendu.

Soient AB et BC, deux parties consécutives du câble. Dans la 1^{re} AB, on connaît le poids P, la longueur L

Nomb. de fils	C	N'	B	N	A
Tensions.....	T'	t'	T	t	
Poids du mètre.....		P'		P	
Longueurs.....		L'		L	

et les tensions extrêmes t et T . On suppose que le nombre des fils N a été augmenté de K dans la section entière du câble. Le nombre K est le produit du nombre total de torons par le nombre 1, 2, 3, 4 ou 5 de fils ajoutés à chaque toron.

Il s'agit de calculer pour la partie BC du câble les quantités analogues aux précédentes, que nous désignerons par $P' L', t' T'$ et N' . On aura

$$\begin{aligned} N' &= N + K & L' &= T' - t' \\ P'T &= P' t' & P'N &= PN' \end{aligned}$$

Les tensions T et T' sont choisies en tenant compte des causes d'usure qui affectent les parties considérées du câble. Des relations ci-dessus on peut donc déduire toutes les quantités cherchées; on trouve :

$$\begin{aligned} N' &= N + K \\ P' &= P \left(1 + \frac{K}{N} \right) \\ L' &= T' - T \left(1 - \frac{K}{N} \right) \end{aligned}$$

L'emploi de ces formules très simples, qui conduisent à des résultats rigoureux, peut être encore abrégé en construisant le diagramme qui donne les tensions aux divers points du câble.

Ce diagramme a pour équation, dans une partie AB du câble,

$$y = x + t$$

Il se composera donc d'une série de droites inclinées à 45° dont l'extrémité supérieure sera un point du tracé limite qui représenterait, pour chaque point du câble, la tension que l'on ne doit pas dépasser.

La chute de tension en un point de soudure tel que B a pour expression :

$$T - t' = \frac{K T}{N'}$$

Pour construire l'épure qui donnera le diagramme des tensions, le nombre de fils et la longueur de chaque partie du câble, on détermine d'abord le tracé limite M N P Q des tensions que l'on ne doit pas dépasser et l'on porte en ordonnée la tension à la

patte, ce qui donne le point A; puis on trace une droite inclinée à 45° , partant du point A et aboutissant en B (PL. VI, FIG. 1), sur le tracé limite.

On calcule la chute de tension BC due à l'augmentation du nombre de fils et du point C ainsi déterminé; on trace une seconde droite inclinée à 45° CD aboutissant en D au tracé limite; on continue ainsi jusqu'à épuisement de la longueur du câble.

Dans l'épure présentée (FIG. 1), nous avons adopté les mêmes tensions que celles prises par M. Poussigue; le calcul graphique donne un poids un peu plus faible, par suite un câble plus léger et jouissant des mêmes propriétés essentielles que celui calculé par la formule de M. Ch. Vertongen.

Dans une seconde épure (FIG. 2), pour le calcul d'un câble ayant 1.000 mètres entre la patte et l'enlèvement, partant du nombre de fils et du poids à la patte déterminé plus haut, je modifie le tracé limite de manière à ménager un palier dans les 100 derniers mètres (1). On arrive à un poids total de 16.226 kilos.

Le poids total d'un câble se détermine facilement au moyen de l'épure; il suffit de multiplier la tension par le poids du mètre et de retrancher du produit obtenu la charge élevée. Le nombre ainsi calculé donne le poids de la partie du câble comprise entre la patte et le point considéré.

La méthode proposée donne donc, de proche en proche, la longueur et le nombre de fils de chaque partie uniforme du câble. La largeur et l'épaisseur s'en déduisent aisément.

L'on peut, par son emploi, modifier à volonté la courbe des tensions maxima, et adapter ainsi le câble

(1) Ce mode de tracé augmenterait certainement la durée des câbles et la sécurité de leur emploi.

à toutes les conditions de solidité que doivent imposer les causes d'usure générales ou locales.

Enfin, l'exécution est plus sûre car on obtient directement les éléments mêmes de la fabrication.

M. MARSAUT demande si, dans les câbles en aloès à diamètre décroissant, la résistance au centimètre carré est la même dans toutes les sections.

M. STASSART répond qu'en Belgique les procédés employés dans l'essai des câbles d'aloès ne permettent pas d'être affirmatif à cet égard.

M. HARZÉ, Président d'honneur, demande à présenter une réflexion d'ordre général qui lui a été suggérée par les communications qu'il vient d'entendre. Elle s'applique plus particulièrement à la Belgique. Par suite du peu de puissance des couches en ce pays, le rendement des ouvriers y est très faible. Il en résulte que pour produire mille tonnes de houille, il faut descendre et remonter un plus grand nombre d'hommes pour une même production que dans les autres pays ; il faut également remonter plus de terre au jour. Il en résulte que le service de l'extraction est extrêmement chargé en Belgique. On peut prévoir qu'il le sera encore davantage quand les journées seront de 7 à 8 heures de travail, ainsi que les ouvriers le demandent. L'organisation actuelle devra être complètement modifiée ; il sera probablement nécessaire d'avoir deux postes : l'un de production, l'autre de préparation.

Dans ces conditions, tous les sièges d'exploitation destinés à quelque avenir, devront avoir deux puits d'extraction. Telle est la conclusion de M. Harzé pour qui « Bien exploiter, c'est prévoir ».

M. le professeur HENRY LOUIS fait remarquer que dans les rapports concernant la question de l'extraction

à grande profondeur, les auteurs se sont placés au point de vue de la géothermique et des procédés d'extraction. En ce qui concerne les difficultés résultant de la haute température, il est permis de prévoir que le travail à bras sera bientôt remplacé dans les mines par le travail mécanique; un même ouvrier pourra diriger une perforatrice à une température plus élevée et pendant un nombre d'heures plus grand que s'il s'agissait de faire un travail à bras. La crainte qu'inspirent les hautes températures paraît donc être un peu exagérée.

La question de la ventilation pourra également être résolue. Au cas où aucun des procédés employés couramment à l'heure présente ne pourrait être utilisé, il serait toujours facile d'avoir recours à l'air comprimé dans les chantiers d'abatage.

Les difficultés relatives à l'extraction seront plus grandes. Celle-ci devra être intensive; l'emploi de skips sera préférable à celui des cages avec wagonnets.

Au point de vue technique, toutes ces difficultés seront résolues. Mais le point de vue économique est certainement le plus important dans une exploitation à grande profondeur, bien qu'il n'en ait été fait mention dans aucun rapport. Cela peut tenir à ce que, dans les cas qui ont été examinés, il s'agissait de régions minières déjà connues et dont la richesse était certaine. Mais quand les exploitations à grande profondeur seront à établir dans des régions dont la richesse n'est pas encore bien démontrée, elles nécessiteront de grands capitaux. Ce seront d'abord les sondages à de grandes profondeurs; puis viendra le fonçage de puits de grand diamètre, jamais inférieur à 7 ou 8 mètres; ces puits devront être groupés par deux à chaque centre d'extraction, conformément à l'opinion de M. Harzé à laquelle M. Henry Louis se rallie. Pendant les années

nécessaires aux recherches et à l'installation, les capitaux engagés resteront improductifs. Pour compenser cette perte, l'exploitation devra se faire le plus économiquement possible ; les champs de minerai à exploiter devront être très vastes, et les méthodes de transport perfectionnées. Les procédés mécaniques devront être le plus possible substitués au travail à bras.

En résumé, pour M. Henry Louis, l'exploitation à grande profondeur est moins une question technique qu'une question économique, et il a cru devoir attirer spécialement l'attention du Congrès sur ce point.

M. DESPRÉS fait la communication suivante :

Nouveau système d'extraction.

Par M. DESPRÉS,
Ingénieur civil des Mines.

M. DESPRÉS. — Messieurs, je me permets de retarder un peu l'instant de votre départ pour faire une petite communication. Je ne l'aurais pas faite, si M. Poussigue ne m'avait fait l'honneur de parler, dans son rapport, d'un système d'extraction que j'ai exposé à l'Exposition.

Le système que nous avons exposé a besoin, pour être comparé aux systèmes actuellement existants ou proposés, d'être suivi minutieusement dans les détails, car pour l'application pratique, c'est souvent un simple détail qui prend une grande importance et nuit aux avantages théoriques.

Ne voulant pas vous retenir trop longtemps, je supposerai le système d'équilibre connu ; je me bornerai à citer les avantages qu'il présente et je répondrai aux objections qui lui ont été faites déjà ou qu'on pourrait lui faire.

Ce système permet l'emploi du tambour cylindrique et l'emploi de câbles ronds en acier à section diminuée.

Le système d'équilibre proprement dit permet d'exploiter jusqu'à une profondeur maxima de 2.360 mètres.

Il n'occupe que la moitié de la hauteur du puits et peut, d'ailleurs, être mis dans un puits spécial.

Il est facile à réaliser, soit comme câbles, soit comme attaches ; j'ai d'ailleurs donné, dans une brochure, le moyen de calculer le câble manœuvrant la chaîne et ce câble est très facile à exécuter, tronçon par tronçon, *sans épissure* ; j'en ai calculé un pour un cas particulier, et la composition de ce câble en fils et en torons le rend facilement exécutable.

Ce câble est fait comme ceux dont on a déjà parlé, tronçon par tronçon, mais sans épissure. On part d'un certain nombre de fils et on supprime des fils au fur et à mesure qu'on rétrécit le diamètre du câble. Lorsqu'on arrive au diamètre le plus petit, par un procédé analogue, au lieu de retrancher, on ajoute deux ou trois fils. Dans le câble que j'avais calculé, j'avais pris des fils à petite section. Plus on multiplie le nombre des fils, plus on peut en supprimer sans changer brusquement la section du câble.

Dans le rapport de M. Poussigue, il est dit que la chaîne d'équilibre étant attachée, d'une part, à un point fixe dans le puits, et, d'autre part, au câble sans fin la manœuvrant, il arrive un moment où l'effort de la chaîne sur le câble change brusquement de sens. Il n'en est rien heureusement, et cela tient à ce que l'effort de la chaîne sur le câble décroît graduellement jusqu'à 0, avant de changer de sens et qu'il croît de nouveau à partir de 0 graduellement, sans qu'à aucun moment il y ait de variation brusque. C'est précisément cette variation continue de l'effort qui donne de la sécurité au système. Au moment où l'effort de la chaîne sur le

câble passe par 0, elle pend tout de son long et c'est le point d'attache fixe dans le puits qui supporte tout le poids.

Un des avantages de notre système est l'emploi d'un tambour cylindrique unique, *commun aux trois câbles*, ce qui, pour un rayon d'enroulement donné, réduit la largeur du tambour, toute la surface de la jante étant à chaque instant entièrement couverte par les câbles.

On peut opérer un coupage systématique de la patte des câbles d'extraction et un changement de niveau des recettes en fixant l'extrémité des câbles d'extraction, *non sur la jante du tambour, mais sur une poulie fixée au tambour et portant la réserve*. Le modèle que j'ai exposé présente une poulie de ce genre pour chacun des câbles d'extraction ; le frein du tambour est légèrement écarté de celui-ci pour loger la poulie qui se trouve de son côté.

M. Poussigue nous a cité l'exemple de Ronchamp, où l'on a pris deux tambours spiraloïdes l'un derrière l'autre, pour ne pas avoir un écartement trop grand des câbles d'extraction.

Dans le système que je propose, l'emploi du tambour cylindrique unique commun aux trois câbles réalise le même desideratum, puisque l'écartement des câbles y est réduit au minimum compatible avec ce genre d'enroulement.

Je ferai en outre remarquer que l'installation de Ronchamp est une installation beaucoup plus coûteuse que celle qu'aurait entraînée l'application de notre système.

Dans notre système, nous réalisons, comme il est facile de le voir, l'uniformité de la vitesse d'ascension des cages, ce qui, à vitesse de sécurité égale, donne le maximum de cordées par heure.

Si nous comparons avec le système Koepe, nous voyons

que nous n'avons pas de câbles attachés sous les cages, que la longueur de câble d'équilibre qui ballote est moitié moindre et permet par conséquent d'aller à des profondeurs où le câble inférieur du système Kœpe se détériorerait par suite des ballottements, à vitesse égale d'ascension. De plus, dans le système Kœpe, on ne peut pas graisser les câbles à cause de l'adhérence dont ils ont besoin sur les poulies de la machine d'extraction. Enfin, nous pouvons faire des manœuvres de cages, ce qui est très difficile avec le système Kœpe.

Si nous comparons avec les systèmes Lindenberg et Monopol II, nous voyons que nous avons un poids de câble moindre.

Si nous comparons avec l'équilibre donné par les tambours spiraloïdes, nous voyons que le rayon d'enroulement final est moindre, ce qui diminue le danger d'envoi aux molettes. Nous avons également une inertie moindre pour le tambour à arrêter et à démarrer, ce qui entraîne une économie sur le frein et sur la machine.

Quant au moment résistant maximum à vaincre, il est moindre, ce qui entraîne l'emploi d'une machine moins forte. Enfin, l'emploi de notre tambour cylindrique unique permet d'avoir un tambour bien plus léger qu'un tambour spiraloïde, ce qui donne une économie de poids et de prix très importante. On a de plus des longueurs d'arbre moins grandes.

Comparé avec les bobines plates, nous bénéficions de l'économie sur les câbles d'extraction en aloès et nous pouvons réaliser plus exactement l'équilibre, parce que, avec les bobines plates, pour avoir un équilibre rigoureux, il faut avoir des rayons d'enroulement à l'enlèvement d'autant plus petits que le puits est plus profond et que, d'autre part, on ne peut enrouler sur des rayons trop petits les câbles d'aloès qui ont à ce moment les plus grosses sections à enrouler sur la bobine.

M. le professeur LE NEVE FOSTER demande à M. Poussigue pourquoi dans le puits de 1.015 mètres de Ronchamp on n'a pas employé de guidage, ce qui permet une vitesse d'extraction plus grande, vitesse qui a son importance quand il s'agit de pareilles profondeurs.

M. le professeur LE NEVE FOSTER désire attirer l'attention des membres du Congrès sur une machine d'extraction nouvelle exposée dans la section anglaise. On sait qu'un des inconvénients du tambour cylindrique, quand le puits est profond, réside dans l'augmentation de l'angle que fait le câble avec la molette; cet angle peut devenir trop grand. La nouvelle machine anglaise consiste en un châssis mobile portant un tambour cylindrique, long, de faible diamètre. Ce châssis se déplace au moyen d'une vis sans fin et d'une crémaillère, en entraînant le tambour au fur et à mesure que le câble s'enroule, de telle sorte que celui-ci reste toujours perpendiculaire à l'axe du cylindre.

M. MARSAUT propose, comme solution au problème de l'obliquité du câble, l'emploi d'un tambour ayant 32 mètres de diamètre placé entre deux puits, distants de cette même longueur. Les câbles descendraient tangentiellement au tambour et l'écartement serait très faible.

M. POUSSIGUE, répondant à la question de M. le professeur Le Neve Foster, dit que pour le fonçage du puits de Ronchamp, le guidage avait été prévu, et les traverses avaient été mises en place. Mais comme on était très pressé, et que l'extraction des matériaux provenant du fonçage ne causait aucun retard, on s'est passé de guidage. De ce fait, on a gagné deux à trois mois.

M. TOMSON, à propos de la communication de M. Després, déclare que la très grande confiance qu'il avait autrefois dans l'emploi du câble sans fin, est singulièrement diminuée. En effet, à des profondeurs dépassant 600 mètres, il se produit de telles vibrations que les câbles en sont détruits. Il n'y a plus que dans le système Kœpe, qu'on emploie encore le câble sans fin. Pour les très grandes profondeurs, M. Tomson a installé un tambour spiraloïde qui donne des résultats très satisfaisants.

M. DESPRÉS, répondant à M. Tomson, fait remarquer que dans son dispositif le câble est à moitié de la profondeur du puits, aussi peut-il être employé là où le procédé Kœpe n'est pas pratique, à cause de la trop grande longueur du câble.

Avant de lever la séance, M. le Président donne quelques renseignements sur les visites organisées pour le lendemain aux Expositions de Vincennes, du Champ de Mars et des Invalides.

La séance est levée à 4 heures 50.



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

CONGRÈS DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

(SUITE)

3^e SÉANCE

Jeudi 21 Juin 1900

**EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ
DANS LES MINES
HAVEUSES ET PERFORATRICES
MÉCANIQUES**

Présidence de M. HARZÉ, assisté de M. FARBAKY.
Secrétaire, M. PELLÉ.

La séance est ouverte à 2 h. 1/4.

M. le PRÉSIDENT regrette que M. BIHL, qui devait prendre également place au bureau, n'ait pu assister à la séance. Il rappelle que l'ordre du jour de la séance comporte deux parties : la première comprend les communications relatives à l'emploi de l'électricité dans les mines ; ensuite viendront celles concernant les appareils propres à réduire la main-d'œuvre dans les exploitations souterraines.

1^{re} PARTIE

EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LES MINES

M. WENDELIN, appelé à résumer son étude sur l'emploi de l'électricité dans les mines, ne se trouvant pas présent, la parole est donnée à M. Libert.

Emploi de l'électricité dans les mines de Belgique.

Par M. LIBERT, ingénieur en chef des Mines à Namur.

M. LIBERT rappelle les points principaux et les conclusions de son rapport, précédemment distribué aux membres du Congrès, et relatif à l'emploi de l'électricité dans les mines. Il présente, pour compléter ce rapport, la nouvelle communication suivante :

Dans une première note, nous avons fait connaître les applications électriques réalisées dans les mines belges. Nous avons, en outre, mentionné l'importante installation en cours de montage au charbonnage de l'Espérance et Bonne-Fortune ; nous sommes maintenant en mesure d'en donner une description détaillée ; elle est en effet pour ainsi dire terminée. Cette installation intéresse le fond et la surface de plusieurs puits ; le courant est produit dans une seule usine. On a donné le choix au courant triphasé et à un voltage qu'on peut considérer comme modéré, de manière à présenter une aussi grande sûreté que possible à l'intérieur de mines grisouteuses. Le courant triphasé permet, en effet, l'emploi de moteurs dépourvus de collecteurs et même de rhéostats ; le moteur Boucherot, dont on a fait choix pour l'intérieur, se trouve dans ces conditions.

Nous décrirons également l'installation électrique d'épuisement, projetée au puits n° 6 des mines de Bascoup. A ce charbonnage, où la question du grisou n'est pas à considérer, d'autant plus que les installations intérieures se feront au voisinage des puits d'entrée d'air, on a définitivement donné la préférence au courant continu. On s'est aussi décidé pour l'emploi de pompes à grande vitesse du système « Express Riedler », de

manière à supprimer les transmissions par engrenages et de commander les pompes directement par les réceptrices électriques. Si, comme il faut l'espérer, cette application est couronnée de succès, ce sera un nouveau progrès réalisé dans l'emploi de l'électricité dans les mines, car la réduction de la vitesse des dynamos à l'aide d'engrenages, constitue pour ainsi dire le plus grand inconvénient pratique de cet agent. Le bruit assourdissant causé par le fonctionnement de ces manèges d'engrenages, les bris plus ou moins fréquents de ces derniers, la perte de force par frottement, seraient ainsi supprimés ; et nul doute que si l'on parvient efficacement à les supprimer, bien des hésitations seront dissipées.

Nous avons enfin pu nous procurer quelques renseignements sur une troisième installation dont le montage va commencer incessamment au charbonnage des Awirs à Engis et que nous n'avions fait que signaler dans notre première note. Bien qu'elle soit toute superficielle, elle n'en est pas moins intéressante à faire connaître ; ce sera la première véritable machine électrique d'extraction établie à un siège d'exploitation ; de plus, l'usine génératrice du courant se trouve éloignée de plus de 2 kilomètres du dit siège. C'est cette distance qui a motivé l'emploi des courants alternatifs et celui d'une haute tension. Celle-ci est de 2.000 volts aux bornes des moteurs. Nous la considérons comme trop élevée, tout au moins actuellement, si le courant était destiné à être conduit à l'intérieur des travaux miniers, dans lesquels il est plus difficile d'assurer un bon isolement et une protection efficace qu'à la surface.

1. — *Distribution de force par l'électricité à l'intérieur et à la surface des sièges Saint-Nicolas et Espérance, des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, à Montegnée (Liège).*

On est occupé à effectuer d'importantes installations de transport de force par l'électricité intéressant le fond et la surface des sièges Saint-Nicolas et Espérance des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune à Montegnée, dans le bassin de Liège. Ces installations seront les plus considérables de celles qui existent dans le pays ; elles ont été conçues sur un plan complet ayant pour but de remplacer de plus ou moins anciens moteurs à vapeur par d'autres consommant une quantité minima de charbon malgré les transmissions. Les deux sièges dont il s'agit sont distants l'un de l'autre de 600 mètres en ligne droite.

La station génératrice est située au puits de l'Espérance.

Cette station comprend actuellement deux groupes électrogènes de 200 kilowatts effectifs chacun. Ce nombre sera augmenté bientôt d'une troisième unité de même puissance ; la machine motrice de ce groupe se trouve exposée à Paris. Chaque groupe électrogène comprend un alternateur triphasé Brown, type volant à induit fixe, à inducteurs mobiles extérieurs, débitant du courant triphasé sous la tension efficace de 1.000 volts et 44 périodes par seconde, directement accouplé à une machine à vapeur compound jumelle à soupapes, du système Radovanovic, capable de développer 300 chevaux effectifs à la vitesse de 125 tours par minute.

La détente au petit cylindre de chaque machine est commandée par le régulateur ; au grand cylindre elle est réglable à la main. De plus, les deux alternateurs

devant marcher en parallèle, chaque moteur possède un dispositif spécial permettant de faire varier la vitesse de 116 à 134 tours. Ces limites sont amplement suffisantes pour le maintien du synchronisme des génératrices. Sans vouloir nous étendre sur les avantages particuliers des alternateurs volants, nous constaterons seulement que leur emploi, dans le cas qui nous occupe, est tout à fait judicieux. La faible vitesse des machines, leur robustesse de construction, l'entretien simple et facile, la suppression complète des transmissions et courroies dangereuses pour le personnel et donnant lieu à des pertes et à des accidents, l'absence complète de parties mobiles à haute tension puisque l'induit est fixe, en font des générateurs présentant des garanties de sécurité de marche et de sécurité pour le personnel, indiscutablement supérieures à celles des machines à commande par courroies et par câbles.

Canalisation des raccordements entre la génératrice et le tableau de distribution. — Ces câbles sont de deux espèces :

- 1° Câbles à haute tension ;
- 2° Câbles à basse tension.

Les uns et les autres sont placés dans un caniveau souterrain de deux mètres de large sur 3 mètres de haut. Les câbles à haute tension sont placés sur l'une des parois verticales, ceux à basse tension sur l'autre. Cette disposition et les dimensions mêmes du caniveau permettent une séparation complète des circuits, une surveillance et un entretien faciles des canalisations. Quant aux réparations, très peu fréquentes il est vrai, mais à prévoir cependant, elles peuvent s'effectuer également dans les meilleures conditions de sécurité pour le personnel.

Les canalisations à haute tension sont isolées au moyen des deux couches de caoutchouc vulcanisé, serrées par une tresse imprégnée, le tout recouvert d'un ruban enduit d'une composition isolante. Ces câbles sont maintenus par des isolateurs roulettes spéciaux pour haute tension possédant une grande surface d'isolement, et, afin d'éviter la détérioration possible de l'isolant des câbles par les ligatures habituelles en fil de cuivre recuit, celui-ci a été remplacé par de la ficelle poissée qui permet un serrage énergique sans détérioration de l'enveloppe des câbles.

L'appareillage des circuits à basse tension ne présente aucune particularité.

Excitation des génératrices. — Elle est obtenue au moyen d'un groupe transformateur composé d'un transformateur statique et d'une commutatrice.

Le transformateur abaisseur statique, d'une puissance de 30 kilowatts, reçoit du courant triphasé à 1.000 volts, en abaisse la tension à 87 volts. La commutatrice tétrapolaire, à excitation compound, reçoit le courant triphasé par 3 bagues et débite du courant continu à 110 volts par son collecteur Gramme.

La mise en marche s'opère de la manière suivante :

L'un des alternateurs est mis en marche et excité par du courant continu provenant d'une génératrice de même courant établie anciennement ; on fait démarrer la commutatrice comme moteur à courant continu en lui donnant l'excitation convenable et dès que la vitesse du synchronisme est obtenue, on la met en phase avec l'alternateur. On interrompt le courant qui a servi au démarrage, et l'on met le circuit d'excitation des deux alternateurs sur le circuit à courant continu de la commutatrice qui fonctionne alors normalement.

Tableau de distribution. — Il occupe toute la largeur de la salle des machines. Il comporte actuellement tous les appareils de mesure, de sécurité, de mise en phase des deux génératrices ainsi que les appareils commandant les circuits de départ, mais ses dimensions sont prévues pour l'adjonction d'une troisième unité électrogène.

Ce tableau est placé à une certaine distance du mur et l'on ne peut avoir accès au couloir existant entre le tableau et le mur, que par une porte dont l'électricien seul possède la clef.

Tous les appareils, sans exception aucune, sont combinés de telle manière qu'aucune pièce parcourue par le courant à haute tension ne soit accessible de la face avant du tableau. Ce dernier présente donc toutes les garanties de sécurité désirables pour le personnel de manœuvres.

Quant aux coupe-circuits, ils ont été l'objet de précautions spéciales ; les fusibles sont enfermés dans des cartouches de matière isolante qui permettraient au besoin le remplacement d'un plomb fondu sans arrêter la machine, et comme ils sont d'ailleurs placés tous après l'interrupteur commandant le circuit, on peut en quelques instants et sans aucun danger remplacer les cartouches.

Canalisations reliant la station génératrice aux stations réceptrices. — Elles sont de deux espèces :

- a. Canalisations aériennes et extérieures ;
- b. Canalisations souterraines.

Les canalisations aériennes sont formées de fils de cuivre rouge étiré dur. Les conducteurs sont fixés sur des isolateurs triple cloche en porcelaine avec ferrures droites boulonnées dans les traverses des poteaux.

Ceux-ci sont tubulaires en acier, et les traverses sont constituées par des fers cornières fixés au corps du poteau par des collets cylindriques. Un filet protecteur, placé sous les lignes aériennes, garantit les passants contre la chute d'un fil qui viendrait à se briser accidentellement.

Des parafoudres Würtz, placés à l'origine, au milieu et à l'arrivée de chacun des fils, protègent les lignes contre les coups de foudre.

Les canalisations souterraines sont destinées à alimenter deux pompes souterraines identiques placées l'une au siège de l'Espérance et l'autre au siège Saint-Nicolas. Chacun de ces circuits est composé d'un câble armé à trois conducteurs.

Le câble du siège Espérance est branché directement sur l'interrupteur du tableau. Quant à celui du siège Saint-Nicolas, il pourra à volonté être branché au moyen d'un jeu de cartouches, sur l'une ou l'autre des deux lignes triphasées identiques qui relient ce siège à la station génératrice. Un accident arrivant à l'une ou l'autre de ces lignes n'entraînera donc qu'un arrêt momentané de la pompe.

Les câbles de mine sont composés comme suit :

Trois conducteurs en fil de cuivre étamé de 60^{mm} de section. Chaque conducteur est revêtu d'une couche de caoutchouc vulcanisé okonite, ruban isolant. Les conducteurs sont tordus en hélice avec interposition de bourrage ; le tout est enveloppé de ruban imprégné, d'une simple gaine de plomb entouré de fil de jute goudronné et enfin d'une armature de fils d'acier galvanisés. Les câbles sont fixés dans le puits par des ferrures forgées, scellées dans la maçonnerie et distantes de 5 mètres l'une de l'autre.

A chaque chargeage, le câble est muni d'une boîte de dérivation sur laquelle vient se greffer le primaire

d'un transformateur abaisseur destiné à l'alimentation de l'éclairage.

Stations réceptrices. — La station génératrice alimente :

1° Deux pompes électriques situées l'une au siège Espérance, l'autre au siège Saint-Nicolas, capables d'élever par heure 70^{m^3} d'eau à la hauteur de 400 mètres, d'où un travail de $\frac{70.000 \times 400}{3.600 \times 75} = 104$ chev. en eau élevée ;

2° Divers moteurs de surface actionnant des ventilateurs, un triage mécanique, un atelier de réparation ;

3° L'éclairage du siège Saint-Nicolas.

Pompes électriques. — Chaque groupe est constitué par une pompe horizontale à triple effet attaquée directement par pignons et engrenages par un moteur asynchrone Boucherot développant 125 chevaux en tournant à la vitesse de 330 tours par minute.

Le diamètre des 3 pistons plongeurs est de $0^{\text{m}},115$, la course de $0^{\text{m}},500$: chaque pompe accomplit 60 révolutions par minute.

Le moteur Boucherot se distingue des autres systèmes de moteurs triphasés en ce que, quoique n'ayant ni bagues, ni frotteurs, c'est-à-dire aucune communication électrique entre la partie tournante et le circuit extérieur ou un organe extérieur de démarrage, il peut néanmoins démarrer en charge quelle que soit la puissance du moteur, en n'absorbant qu'un courant proportionnel au couple de démarrage.

Chaque moteur se compose d'un induit en cage d'écureuil et de deux inducteurs montés côte à côte dans le bâti. Le déplacement angulaire autour de l'axe

de l'induit de l'un des inducteurs par rapport à l'autre, suffit à déterminer le démarrage de l'induit avec un couple fixé à l'avance et, par conséquent, une intensité de courant connue. Ce déplacement est obtenu lui-même par la manœuvre d'un levier dans les moteurs de puissance inférieure à 8 chevaux ou d'une vis dans les moteurs de puissance supérieure.

La partie tournante ayant ses circuits formés de simples barres de cuivre soudées ensemble et ne comportant aucun bobinage, est très robuste. Tout le système est assemblé par des flasques supportant les paliers et donnant à l'ensemble la compacité des moteurs ordinaires à cage d'écureuil. Il ne possède aucun accessoire de démarrage, les fils d'alimentation aboutissent directement à un interrupteur tripolaire à rupture dans un bain d'huile.

L'absence complète de frotteurs, bagues, appareils de démarrage, présente des avantages particulièrement importants dans une installation souterraine où l'on doit prendre des précautions contre le grisou ; elle présente également des avantages très importants au point de vue de la sécurité considérée d'une façon générale.

Moteurs divers. — Au siège Saint-Nicolas, se trouvent 2 moteurs A. E. G., l'un de 30 chevaux et l'autre de 50 chevaux. Ces moteurs sont à induits enroulés, rhéostat de démarrage liquide et dispositif de mise en circuit après démarrage.

Ils actionneront, soit individuellement, soit simultanément, le ventilateur de ce siège.

Au siège Espérance : 1° un moteur Boucherot de 30 chevaux commande le triage mécanique ; 2° un moteur Boucherot de 30 chevaux actionne l'atelier de

réparations ; 3° un moteur A. E. G. de 50 chevaux commande un ventilateur.

Au puits du Plancher, isolé des précédents et utilisé exclusivement pour l'aérage, on établit un moteur A. E. G. de 50 chevaux pour actionner le ventilateur.

Eclairage. — L'éclairage des chambres d'accrochage est assuré par des lampes à incandescence, branchées sur le secondaire d'un transformateur abaisseur de tension.

Les appareils commandant les moteurs (interrupteurs coupe-circuit, appareils de mesures) sont connectés et placés d'après les mêmes principes que ceux qui ont été appliqués pour le tableau principal.

En résumé, les mesures de sécurité suivantes ont été prises dans toute l'installation.

1° Les masses des appareils générateurs, transformateurs et récepteurs, sont mises à la terre ; il en résulte que si un contact se produit entre le bobinage et le bâti, ce dernier reste au même potentiel que la terre et peut être touché sans inconvénient par le personnel.

2° Le filet protecteur de la canalisation aérienne est mis à la terre ; s'il existe une autre terre accidentelle, la rupture d'un conducteur à haute tension créera une seconde terre par le contact du conducteur avec le filet ; il en résulte un court-circuit, d'où fusion des plombs et mise hors circuit de la ligne.

3° Toutes les pièces métalliques, appareils de manœuvres, de contrôle et de mesure à haute tension, sont mises hors d'atteinte du personnel.

Ainsi comprise, une installation électrique présente les mêmes qualités de simplicité, de robustesse de sécurité et de fonctionnement qu'une installation

purement mécanique et les dangers de la haute tension n'existent plus que pour le personnel expérimenté de la salle des machines génératrices.

L'ensemble des installations : machines à vapeur, pompes, canalisations, génératrices et moteurs a été exécuté par la Société anonyme des applications de l'électricité, ancienne firme W. Dierman et C^e à Liège.

Note relative à l'excitation des génératrices. — Le procédé d'excitation des génératrices par un groupe, transformateur statique et commutatrice, peut paraître, à première vue, plus délicat et de nature à causer plus d'arrêts que le procédé ordinaire, soit par une excitatrice directement accouplée, soit par une excitatrice à commande par courroie.

Les raisons qui ont dicté l'emploi de ce groupe sont les suivantes :

1° Les excitatrices directement accouplées ont un très mauvais rendement à cause de leur faible vitesse. Ce rendement aurait affecté non seulement le courant nécessaire à l'excitation de deux machines, mais encore le courant continu nécessaire pour l'éclairage de la salle des machines et des environs.

2° Les excitatrices à commande par courroies n'étaient pas non plus à conseiller, attendu qu'elles auraient nécessité l'installation de courroies et de transmissions.

3° L'arbre de la commutatrice est prolongé de manière à pouvoir être attaqué directement par un petit moteur à vapeur que l'on pourrait installer en cas d'avarie à la machine à courant continu qui produit le courant nécessaire au démarrage de la commutatrice.

4° Cette dernière machine à courant continu constitue d'ailleurs une rechange pour l'excitation.

Avant de terminer cette notice, nous ferons remarquer que les deux sièges d'exploitation dont il s'agit sont classés dans la deuxième catégorie des mines à grisou ; mais les moteurs d'épuisement, les transformateurs et les lampes d'éclairage fixe sont placés à proximité des puits d'extraction dans des chambres et galeries ventilées par des courants d'air frais. Les chambres des machines souterraines sont reliées téléphoniquement avec la salle des génératrices.

II. — *Epuisement souterrain par l'électricité au puits n° 5 du charbonnage de Bascoup (Centre).*

On a décidé d'installer au puits n° 5 du charbonnage de Bascoup, en remplacement d'appareils à vapeur établis à la surface, des dynamos pour commander les pompes destinées à l'épuisement des eaux, dont la venue moyenne journalière actuelle est de 2.400 mètres cubes, soit 100 mètres cubes à l'heure.

Le programme imposé au constructeur était le suivant :

« Les dynamos réceptrices seront établies d'abord à la profondeur de 336 mètres, puis seront reportées à celle de 440 mètres quand la préparation du nouvel étage à ce niveau sera terminée; elles seront toutefois calculées pour une hauteur de refoulement de 500 mètres au moins. Chaque machine devra pouvoir refouler 50 mètres cubes à l'heure, en marche normale, et le débit pourra être majoré de 25 pour cent; elle devra pouvoir fonctionner d'une façon ininterrompue pendant 24 heures.

« L'installation définitive comprendra quatre unités réceptrices absolument distinctes, dont trois fonctionneront simultanément pendant 24 heures en alternant. Dans ces conditions, on pourra épuiser une venue

moyenne journalière de $3 \times 24 \times 50^{\text{m}^3} = 3.600$ mètres cubes, en marche normale, soit 50 % de plus que la venue moyenne actuelle.

« Au début, toutefois, l'installation ne comprendra que deux unités réceptrices qui fonctionneront alternativement ; le montage des autres suivra à mesure de la mise hors service des appareils à vapeur existants. La nécessité de modifier l'installation actuelle ne se justifiera d'ailleurs entièrement qu'avec l'approfondissement des travaux. On prévoit qu'alors les eaux passeront en profondeur. et, d'autre part, les inconvénients causés par les maitresses-tiges de grande hauteur sont tels qu'on doit renoncer à leur emploi.

« En raison de la nature ébouleuse des terrains, la section des galeries et des chambres des machines souterraines devra être aussi réduite que possible. Les appareils à vapeur souterrains auraient été absolument inapplicables en raison de la haute chaleur qu'ils auraient occasionnée dans des espaces aussi restreints.

« Cette considération relative à la qualité des terrains, a fait choisir des appareils de pompage à grande vitesse. Ceux-ci seront du système dit « Express », imaginé par le professeur Riedler.

« Non seulement les quatre installations souterraines seront distinctes, mais elles auront des canalisations électriques spéciales, et le courant sera produit à la surface par quatre génératrices commandées par quatre machines à vapeur indépendantes l'une de l'autre. On a fait choix du courant continu, et les dynamos génératrices seront à attaque directe comme les réceptrices par rapport aux pompes. Chaque génératrice devra non seulement fournir l'énergie nécessaire à une réceptrice commandant une pompe, mais devra présenter une énergie disponible de 25 à 30 chevaux pour activer éventuellement un trainage mécanique

souterrain. Les colonnes de refoulement seront au nombre de deux, une pour chaque groupe de deux pompes. »

Voici, d'après le constructeur, qui est la maison Beer, de Jemeppe-sur-Meuse, comment le programme imposé sera réalisé :

L'installation comprendra, dès le début, deux groupes électrogènes à vapeur de 250 chevaux, chacun à 150 tours par minute, reliés à un tableau de distribution composé de deux panneaux, un par machine. De chaque panneau partira un câble concentrique armé alimentant une pompe électrique.

Les groupes électrogènes se composeront de machines à vapeur compound verticales (de manière à prendre le moins de place possible) dont les diamètres des cylindres seront de 450 millimètres et de 775 millimètres et la course 500 millimètres ; la pression d'admission sera de 8 atmosphères ; ces machines, à condensation, tournant à 150 révolutions par minute, seront accouplées directement à des dynamos compound, à courant continu, d'une puissance de 160 kilowatts, sous une tension de 600 volts.

Les dynamos auront des culasses en acier coulé avec 6 pôles et pièces polaires en acier rapportées, chacun des pôles de section circulaire portant une bobine magnétisante à deux compartiments ; l'un de ces derniers contiendra l'excitation shunt, l'autre, près de l'induit, l'excitation série.

L'induit, ou armature à dents, comportera un bobinage en tambour série, à barres pliées sur calibre et forcées dans les rainures de l'induit, garnies d'isolants ; ces barres seront maintenues par des bandages en fil d'acier étamé, et le bobinage ne comportera d'autres soudures que celles faites au collecteur.

Le collecteur sera en cuivre rouge étiré dur, isolé entièrement au mica, et le courant sera collecté par des balais en charbon, fixés sur un cercle en fonte tournant dans quatre consoles rapportées sur la culasse.

Le constructeur estime que l'échauffement des parties bobinées de la machine ne dépassera pas 40 degrés centigrades au-dessus de la température ambiante.

D'après le projet, la carcasse des dynamos ne sera pas isolée du sol ni de l'arbre de la machine à vapeur ; selon le constructeur, cet isolement est précaire et même complètement inefficace ; il est de plus coûteux, et dangereux en cas d'avarie. La cause en est que les poussières et l'huile ont bientôt recouvert les isolants d'une couche conductrice, et si un contact à la masse se produisait sur la machine isolée, un homme, touchant la carcasse ou la taque de fondation, pourrait éprouver une secousse dangereuse. Tous les isolements des dynamos sont d'ailleurs essayés à haut voltage alternatif, ce qui constitue une épreuve à outrance, dont la valeur pratique est de beaucoup supérieure à toutes les garanties et mesures de résistance d'isolement en mégohms.

Il ajoute que l'isolement entre la carcasse et le sol est abandonné dans toutes les installations de tramways à attaque directe, là où cependant l'on fonctionne avec un pôle à la terre ; et si l'on voit encore des culasses de dynamos paraissant isolées des fondations, les meilleurs constructeurs n'isolent plus jamais les induits des arbres des machines à vapeur.

Les deux dynamos génératrices ne seront pas actuellement couplées en parallèle, mais seront raccordées à des interrupteurs bi-polaires à deux directions, permettant d'alimenter chacune des pompes par l'une ou l'autre dynamo.

Les machines sont cependant prévues pour pouvoir marcher plus tard en parallèle sans aucune modification.

Chaque panneau de distribution de machine comportera : des sûretés fusibles en aluminium, montées sur contacts à pinces avec manches, de manière à pouvoir être remplacées en quelques secondes par des sûretés de réserve, l'interrupteur bipolaire à deux directions dont il a déjà été question, un interrupteur automatique coupant le courant en cas de surcharge trop forte, un ampèremètre et un voltmètre apériodiques, et un rhéostat de démarrage.

De chacun des panneaux partira un câble concentrique armé à deux conducteurs de 180^{mm} posés verticalement dans le puits, fixé tous les 2 mètres à 2^m,50 par des clames en fer à des traverses en bois.

Chacun des câbles sera divisé en deux tronçons raccordés par une boîte de jonction, et des boîtes de raccordement pour câbles ordinaires isolés termineront les câbles armés.

Bien que le puits n° 5 du charbonnage de Bascoup ne soit pas encore classé dans la catégorie des mines à grisou, les rhéostats de démarrage des moteurs du fond, disposés contre ces moteurs, seront hermétiquement renfermés, tant pour ce qui concerne les frotteurs et touches de contact que pour les résistances elles-mêmes ; ces résistances baigneront dans l'huile, et les cuves en fonte renfermant les rhéostats seront munies de nervures augmentant considérablement la surface rayonnante et permettant de maintenir une température assez basse pendant le démarrage.

Les pompes seront du type « Express Riedler » à un corps de pompe à piston différentiel, diamètres 135 et 190 millimètres, course 200 millimètres, marchant de 160 à 200 tours par minute ; et les moteurs seront directement calés sur les arbres des pompes, suppri-

mant ainsi toute transmission intermédiaire, l'entretien, le bruit et les chances d'accidents qui en résultent.

Comme pour les génératrices de la surface, les carcasses des induits ne seront pas isolées des fondations et des arbres, et cela pour les mêmes motifs.

La puissance des moteurs sera de 135 kilowatts aux bornes, soit 165 chevaux effectifs sur l'arbre des pompes.

La construction des moteurs sera la même que celle des génératrices, mais ils seront de plus hermétiquement renfermés.

Deux plateaux en fonte, chacun en deux pièces, boulonnés de chaque côté de la culasse circulaire, laisseront sortir l'arbre du moteur à travers les bourrages, et cet arbre sera supporté par deux paliers extérieurs, accessibles, fixés sur la taque d'assise du moteur.

La culasse et les plateaux de fermeture seront munis de nervures à grande surface rayonnante, et l'induit sera disposé de manière à créer à l'intérieur du moteur un mouvement continu, rapide, de l'atmosphère intérieure qui balayera l'induit en le traversant ainsi que les bobines d'excitation et le collecteur, et transportera la chaleur dégagée jusqu'à la culasse et l'enveloppe destinées à la rayonner.

Les calculs du constructeur, basés sur un certain nombre de résultats d'expériences, lui donnent l'assurance que la température d'aucune des parties bobinées ne dépassera de 50 degrés la température des chambres dans lesquelles ces moteurs seront placés, et il croit qu'il serait pratiquement très difficile de réduire cet échauffement.

Il estime, d'autre part, que les enveloppes d'eau en circulation ne sont guère plus efficaces et qu'elles présentent le danger de fuites par fêlures pouvant amener

la destruction des moteurs par court-circuit et donner lieu à des accidents très graves.

Les moteurs seront excités en compound et le réglage de la vitesse se fera en shuntant l'excitation série de manière à n'avoir au fond que des contacts et attaches de grandes dimensions.

Ce réglage de vitesse de 160 à 200 tours a été imposé au constructeur afin de permettre d'utiliser les divers groupes électrogènes, non seulement à l'épuisement, mais encore aux trainages mécaniques et à d'autres services accessoires éventuels, en un mot pour pouvoir effectuer, à l'intérieur des travaux, une véritable distribution de force et non un simple transport de force pour l'épuisement exclusivement.

Dans ce dernier cas, on pourrait réaliser le réglage de la vitesse d'une manière beaucoup plus simple et qu'il convient d'indiquer pour le cas où son application est possible; mais alors il faudrait installer un groupe électrogène spécial pour les moteurs autres que ceux destinés à l'épuisement. Pour ce dernier service, il serait établi un ou plusieurs groupes électrogènes tout à fait distincts. Chacun serait constitué d'une machine génératrice excitée en série, alimentant un moteur excité en série également et attaquant une pompe; dans ces conditions, la vitesse du moteur se règle en faisant varier la vitesse de la machine à vapeur de la surface; les rhéostats de démarrage, appareils assez compliqués à fond de mine, deviennent inutiles, car alors la mise en marche se fait simplement en ouvrant le modérateur de la machine à vapeur. De plus, celle-ci peut être sans aucun inconvénient à détente fixe, puisque le couple résistant est constant; à la rigueur, tous les interrupteurs deviennent inutiles, voire même les sûretés fusibles, et l'installation devient considérablement plus simple.

De plus, les réactions de self-induction, en cas d'accident, sont évitées ainsi que la surélévation énorme de voltage qui en résulte et qui peut être nuisible à l'isolement des machines et des câbles.

Des considérations économiques peuvent toutefois, dans certains cas particuliers, motiver une autre solution moins simple que celle dont il vient d'être question.

III. — *Transport de force par l'électricité au charbonnage des Awirs à Engis (Liège).*

Au charbonnage des Awirs à Engis, on va doter un nouveau siège d'exploitation en préparation d'appareils mécaniques actionnés par l'électricité. Le puits d'extraction est sur le point d'être terminé; il doit atteindre une profondeur de 100 mètres en dessous de la grande galerie d'écoulement et de transport située à la profondeur de 116 mètres par rapport à l'orifice du puits; cette galerie, longue d'environ 1.500 mètres, amènera les produits de l'exploitation dans la vallée de la Meuse.

La Société concessionnaire possède, vers l'orifice du puits, une installation produisant l'énergie électrique nécessaire pour activer divers moteurs et fournir la lumière dans les divers locaux d'une usine à zinc voisine. On se propose de compléter cette installation électrique par l'établissement de génératrices destinées à produire le courant nécessaire aux moteurs du nouveau siège d'extraction précité, situé au lieu dit « la Tincelle ». A l'orifice de ce siège, il n'existera conséquemment ni chaudières, ni machines à vapeur, et la force motrice sera produite à l'usine centrale par des machines perfectionnées dans lesquelles la consommation de vapeur sera réduite à un minimum.

La longueur de la ligne devant séparer les génératrices des réceptrices étant de 2.100 mètres, on a fait

choix de courants polyphasés à haute tension : 2.000 volts à la réceptrice, de manière à réduire, dans la plus grande mesure possible, le coût de la canalisation. Cette ligne sera constituée par trois conducteurs nus en bronze reposant sur des isolateurs triple cloche fixés sur des poteaux en bois distants au maximum de 40 mètres. Pour éviter tout accident, les conducteurs seront enfermés dans une espèce de cage constituée par quatre fils de fer réunis tous les mètres par d'autres fils de fer, les uns et les autres galvanisés; cette cage sera reliée à la terre à tous les poteaux principaux. Chaque conducteur a une section de 16 millimètres carrés, soit un diamètre de $4^{\text{mm}}, 1/2$.

Le courant sera fourni par deux génératrices triphasées de 65 kilowatts chacune, excitées par les dynamos à courant continu sous la tension de 250 volts, actuellement en usage pour l'éclairage et les moteurs de l'usine à zinc; ces génératrices triphasées et à courant continu seront actionnées par les mêmes machines à vapeur qui présentent un excédent notable de force. Ces dernières sont à détente variable et condensation, et fonctionnent dans des conditions très économiques.

La force électro-motrice aux bornes des génératrices sera de 2.200 volts, de manière à conserver 2.000 volts aux bornes des réceptrices, d'où une perte en ligne de 10 %.

Le courant total des deux génératrices sera le suivant :

Comme

$$P = EI\sqrt{3}$$

on aura :

$$I = \frac{65 \times 2 \text{ kw}}{2.200 \times \sqrt{3}} = \frac{130.000}{2.200\sqrt{3}} = 35 \text{ ampères environ.}$$

Les génératrices tourneront à la vitesse de 600 tours et seront actionnées par l'intermédiaire de courroies; le nombre de périodes par seconde est de 50.

Les réceptrices seront d'abord au nombre de deux. En premier lieu, l'une activera les appareils d'extraction et la seconde actionnera un ventilateur Guibal.

La réceptrice d'extraction tournera à 500 tours; la réduction de vitesse s'obtiendra à l'aide de deux manèges à engrenages, à double réduction de vitesse chacun, de manière à produire une ascension du câble à raison de 3 mètres par seconde.

La charge habituelle en charbon sera de $475^* \times 2 = 950$ kilos, c'est-à-dire de deux berlines de 5 hectolitres.

Le travail utile sera conséquemment de 950 kilos $\times$ 3 mètres = 2.850 kgm., soit de 38 chevaux-vapeur; mais comme l'on a compté sur une charge de 1.800 kil., la force du moteur est de 90 chevaux-vapeur. On a fait choix de câbles d'extraction en aloès, s'enroulant sur bobines et réglés de manière à avoir un effort aussi constant que possible.

La Société de la Nouvelle-Montagne a demandé que les bobines marchent, soit séparément, soit simultanément; c'est pourquoi les deux pignons montés sur l'arbre du moteur seront munis de deux accouplements à griffe qui, par une manœuvre facile, peuvent être embrayés ou débrayés à volonté. Cette précaution a été prise pour pouvoir, en cas d'accident à une bobine, remonter les ouvriers au moyen de l'autre bobine.

Les engrenages de ce treuil sont en acier coulé avec dentures à chevrons.

Ce treuil devant servir aussi bien à la remonte des ouvriers qu'à l'extraction du charbon, il était nécessaire de prévoir toutes les mesures de sécurité. Le constructeur a d'abord prévu un frein électrique qui s'ouvre automatiquement lors de la mise en marche du moteur et se ferme de la même façon immédiatement à l'arrêt de celui-ci. Un frein mécanique se trouve établi sur

chaque bobine et permet au mécanicien d'arrêter en un temps très court la marche de la machine.

Dans le cas où la cage monterait jusqu'aux molettes, un appareil spécial, installé sur l'arbre des bobines, déclancherait un contrepoids qui fermerait immédiatement le double frein dont il vient d'être question et couperait en même temps le courant principal. Le dit appareil sert également d'indicateur de la marche des cages dans le puits.

Le moteur destiné à activer le ventilateur ne présentera aucune particularité ; il fonctionnera à 750 tours, avec réduction à 125 tours par courroie.

On compte mettre en train cette installation dans quelques mois.

Installations électriques des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune.

Par M. Paul HABETS,
professeur à l'Université de Bruxelles.

M. Paul HABETS. — Messieurs, M. Libert m'ayant fait l'honneur de me citer dans sa savante conférence et vous ayant entretenu des installations électriques que nous sommes occupés à mettre en marche aux charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, je crois intéressant de faire connaître dans quelles circonstances nous avons été amené à établir ces installations et de donner sur elles quelques indications générales.

En 1897, nous nous sommes trouvé dans la nécessité de renouveler presque toutes les installations mécaniques des charbonnages précités ; certaines d'entre elles étaient insuffisantes pour l'extension que nous nous proposons de donner à nos exploitations ; d'autres étaient fort anciennes et ne répondaient plus aux pro-

grès réalisés dans l'art des mines. A titre d'exemple, je citerai la machine d'épuisement du siège Espérance ; cette dernière a été établie en 1840, elle est du type de Watt à balancier, à basse pression ($1\frac{1}{4}$ atm.) et à condensation. A l'époque de son établissement, elle était la plus importante machine d'exhaure du bassin de Liège ; son cylindre mesure 2^m,15 de diamètre et 3 mètres de course. Elle fonctionne encore aujourd'hui et, après soixante ans de marche, a certainement bien gagné ses invalides. Ses conditions de fonctionnement sont déplorables ; d'après des essais, nous avons trouvé que cette machine ne consomme pas moins de 8,5 kilos de charbon par cheval et par heure (travail en eau élevée). Il n'est pas douteux que son remplacement donne lieu à une économie notable.

Dans le but de rechercher la meilleure solution au problème que nous avons à résoudre, je me suis rendu en Allemagne et j'ai étudié les installations les plus récentes d'épuisement par pompes souterraines, soit à vapeur, soit à transmission hydraulique ou électrique.

Les multiples inconvénients de l'emploi de la vapeur souterrainement sont trop connus des exploitants de mines pour que je doive les énumérer. Les progrès de la mécanique ont permis, il est vrai, de réduire notablement la consommation des pompes à vapeur ; on arrive couramment à des consommations de 10^k,5 de vapeur par heure et par cheval-eau-élevée, et pour des installations très puissantes, des consommations encore inférieures ont été citées. Mais il faut remarquer que ce sont là des consommations de marche normale et sans arrêt. Si, comme la prudence l'exige, la pompe est établie pour un maximum d'exhaure, rarement atteint, elle ne fonctionne qu'une partie de la journée. Comme il est nécessaire de laisser la conduite à vapeur sous pression pour éviter les effets de dilatation nuisi-

bles à son étanchéité, les arrêts de fonctionnement donnent lieu à des condensations dont il y a lieu de tenir compte dans la détermination de la consommation de vapeur. D'après M. Gerdau (1), une machine consommant 10^k,5 en marche normale, consomme 12^k,5 lorsqu'elle fonctionne 12 heures par jour au lieu de 24 et 16^k,5 si la durée du fonctionnement est réduite à 6 heures. La consommation de la pompeuse à vapeur est donc d'autant plus forte qu'elle fonctionne moins. Il n'en est pas de même des pompeuses à transmission, qui ne consomment que pendant la durée de leur marche.

Au point de vue de la consommation, les pompeuses à eau sous forte pression (200 atm.) Haniel et Lueg Kaselowski, ainsi que les pompeuses électriques, donnent des résultats très comparables à ceux que l'on obtient avec les pompeuses à vapeur. La consommation de ces pompeuses à transmission varie, en effet, de 10^k,5 à 13 kilos par heure et par cheval-eau-élevée. Pour un fonctionnement journalier de peu de durée, elles seront plus économiques que les pompeuses à vapeur. Cette économie et la suppression des inconvénients des longues canalisations de vapeur souterraines compensent, dans de nombreux cas, le coût de premier établissement plus élevé des pompeuses avec transmission.

La transmission hydraulique a pour elle une grande simplicité dans l'installation et dans la conduite des appareils; celle-ci ne nécessite aucune connaissance spéciale de la part des machinistes; mais ce mode de transmission se prête mal à desservir les appareils divers qui peuvent être établis dans une mine. L'application de l'eau à haute pression n'a jusqu'à ce jour été

(1) Glückauf d'Essen, t. XXXIV, 1898.

réalisée que pour le transport de la force des pompes de compression établies à la surface aux pompesuses souterraines.

La transmission électrique se prête plus aisément à mettre en mouvement des appareils de toute espèce. Les câbles sont d'un placement plus aisé que les conduites rigides, ils permettent d'atteindre des rendements plus élevés et conviennent par suite mieux à franchir de grandes distances en parcourant les galeries sinueuses d'une mine.

Ce sont les avantages de la facilité de distribution de la force par la transmission électrique qui nous ont amené à lui donner la préférence, alors que nous avions à réfectionner presque toutes les installations mécaniques de deux de nos sièges d'exploitation : les sièges Espérance et Saint-Nicolas, distants de 600 mètres l'un de l'autre.

Je ne m'étendrai pas ici sur les détails de nos installations électriques, dont M. Libert a déjà présenté la description au Congrès (1).

Dans leurs grandes lignes, ces installations comporteront trois groupes électrogènes identiques, constitués par des machines compound à condensation attaquant directement des alternateurs triphasés Brown, type volant à induit fixe et inducteurs mobiles extérieurs de 200 kilowatts effectifs chacun. Ces alternateurs débitent du courant triphasé sous 1.000 volts de tension combinée et 44 périodes par seconde.

Le courant actionne tous les appareils mécaniques des deux sièges, sauf les deux machines d'extraction dont l'installation plutôt récente n'exigeait pas le remplacement.

Parmi les appareils actionnés électriquement, seuls

(1) Voir page 244.

les ventilateurs, au nombre de trois, et l'éclairage souterrain doivent être alimentés d'une façon ininterrompue ; d'autres, les ateliers de triage, de réparations, la traction électrique entre les deux sièges, ne fonctionnent que le jour ; l'éclairage de surface des sièges, au contraire, ne doit être activé que la nuit, et enfin les pompes d'épuisement de chacun des deux sièges peuvent être mises en service indifféremment la nuit ou le jour. La puissance nécessaire est par suite variable ; c'est ce qui nous a conduit à subdiviser en unités de 250 chevaux effectifs notre station génératrice. Deux générateurs couplés en phases nous donneront la puissance maximum prévue, et en découplant un des alternateurs, nous disposerons d'une puissance suffisante pour actionner les appareils à marche ininterrompue. Nos génératrices fonctionneront ainsi avec des charges toujours voisines de leur puissance normale, et par suite au maximum de leur rendement. Le troisième groupe électrogène sera de réserve ; il permettra d'effectuer, sans aucun arrêt de nos exploitations, les réparations nécessaires pour assurer le bon entretien des machines motrices et des alternateurs.

La subdivision de notre station génératrice offre, d'autre part, un avantage important pour la mise en marche des moteurs les plus puissants et notamment ceux des pompeuses qui développent 125 chevaux de force.

Nous avons fait choix du courant triphasé, en raison des avantages très sérieux qu'il présente, comparativement au courant continu.

Tout d'abord, il permet, sans compromettre la sécurité de la conduite des appareils, l'emploi de tensions élevées que l'on peut modifier par des transformateurs très simples ne présentant aucune pièce mobile, et abaisser, si besoin est, aux points d'utilisation, à des

taux inoffensifs. Le coût des canalisations peut ainsi être notablement réduit.

La construction des génératrices et des moteurs triphasés est particulièrement simple et robuste, deux qualités essentielles pour des appareils miniers. Les moteurs sont en général constitués par une carapace extérieure cylindrique en fonte, dans laquelle se trouvent emprisonnés les paquets d'anneaux de tôle qui portent les enroulements fixes inducteurs. Ceux-ci reçoivent les courants extérieurs par trois prises de courant. La carapace présente, sur les fonds du cylindre, les paliers de support de la partie mobile. Celle-ci est constituée par un arbre sur lequel sont fixés des paquets d'anneaux de tôle formant un cylindre et portant les circuits induits. Dans les petits moteurs jusqu'à 7 ou 10 HP, ou bien dans ceux plus puissants jusqu'à 30 HP, qui ne doivent pas démarrer sous charge, les circuits induits sont simplement constitués par une série de barres en cuivre placées dans des trous percés dans les paquets de tôle parallèlement aux génératrices du cylindre, et réunies à leurs deux extrémités par des anneaux en cuivre. Ces barres et ces anneaux constituent ce que l'on a appelé la cage d'écureuil.

Dans les moteurs de plus de 7 à 10 HP qui doivent démarrer sous charge, l'induit en cage d'écureuil est remplacé par un bobinage en trois parties, dont chacune aboutit à une bague collectrice fixée sur l'arbre. Ces bagues permettent d'introduire, à l'aide de frotteurs, des résistances dans les circuits induits et d'opérer le démarrage en développant un couple qui peut atteindre trois fois le couple normal sans que l'intensité du courant dépasse une limite dangereuse.

Les bagues sont ininterrompues ; il n'y a donc pas à craindre de production d'étincelles aux frotteurs. Ceux-ci sont toujours en bonne position, de sorte

qu'il n'y a pas à s'en préoccuper comme des balais des collecteurs des moteurs à courant continu, dont l'angle de calage n'est pas indifférent au point de vue des crachements d'étincelles.

Toute la surveillance de tels moteurs se circonscrit dans l'attention à donner au graissage des paliers et ne diffère par suite en rien de la surveillance d'une machine ordinaire.

Les moteurs triphasés s'accommodent de variations de tension qui occasionneraient dans les moteurs à courant continu des modifications de vitesse de rotation et des crachements d'étincelles aux collecteurs. La vitesse de rotation des moteurs triphasés ne varie que de 4 à 5 % au plus entre la marche à vide et à pleine charge. Ils peuvent supporter pendant des temps assez longs, sans dommage et sans que le nombre de tours diminue sensiblement, des surcharges s'élevant au double de la charge normale.

La mise en marche sous charge est peut-être le seul point délicat qu'ils présentent. Afin d'éviter qu'au moment du démarrage d'un moteur puissant, l'intensité du courant n'atteigne des taux inadmissibles, on fait usage de rhéostats de démarrage que l'on intercale à l'aide des frotteurs et des bagues dans les circuits induits. L'absence d'effets électrolytiques dans les circuits alternatifs permet de faire usage, pour ces rhéostats, de résistances liquides qui ne présentent pas de contacts se détériorant sous l'action des étincelles et qui s'échauffent moins que les résistances métalliques.

La mise en marche à l'aide des rhéostats de démarrage ne présente aucune difficulté et n'exige aucune connaissance spéciale.

Dans l'intérieur des mines à grisou, on pourrait craindre la production d'étincelles aux bagues et frotteurs. Afin de donner tout apaisement aux esprits

les plus timorés et afin de faire autoriser des installations contraires, en certains points, au code annexé à l'arrêté royal du 15 mai 1895, qui soumet, en Belgique, les installations électriques dans les mines à une autorisation administrative, nous avons fait choix, pour actionner nos installations souterraines, de moteurs triphasés du système Boucherot.

Le moteur de ce système se compose de deux inducteurs, montés côte à côte sur le même bâti et d'un induit en cage d'écureuil traversant deux noyaux de paquets de tôle entre lesquels les barres de cuivre sont reliées par des ponts en maillechort formant résistance. L'un des inducteurs peut recevoir un déplacement angulaire égal à l'angle d'écartement d'une demi-période. Lorsque les pôles des inducteurs sont en concordance sur une même génératrice du cylindre de l'induit, les barres de celui-ci sont traversées par des courants directs et les ponts de maillechort n'interviennent pas pour le passage des courants induits. C'est la position de marche normale. Si au contraire, par le déplacement de l'inducteur mobile, les pôles des inducteurs sont en discordance, les courants induits dans les barres sont de sens inverse dans les parties correspondant à chaque inducteur, ils empruntent alors les ponts résistants de maillechort pour fermer leur circuit et sont ainsi limités en intensité bien que le couple développé puisse atteindre deux et trois fois le couple normal. C'est la position de démarrage. La mise en marche s'opère après la fermeture des interrupteurs, en déplaçant lentement l'inducteur mobile au moyen d'une vis munie d'un volant, comme s'il s'agissait d'une machine ordinaire, de façon à amener, lorsque la vitesse normale est atteinte, les pôles des deux inducteurs en concordance.

La partie tournante du moteur Boucherot ayant ses

circuits formés de simples barres de cuivre soudées ensemble et ne comportant aucun bobinage, est très robuste. Cette partie du moteur est, d'autre part, complètement protégée mécaniquement par une enveloppe en tôle perforée prenant appui sur l'inducteur fixe ; les bobinages des inducteurs sont également parfaitement protégés. Le moteur présente ainsi, avec des dimensions faibles relativement à sa puissance, toute la compacité des moteurs en cage d'écureuil et la robusticité indispensable aux appareils de mines. L'absence complète de bagues, frotteurs et appareils de démarrage et par suite de toute cause de production d'étincelles, en font le moteur le plus parfait pour l'emploi dans les mines grisouteuses. Aussi n'avons-nous pas hésité à commander à la maison Bréguet, de Douai, deux moteurs de 125 chevaux pour actionner les pompes de nos sièges Espérance et Saint-Nicolas, alors qu'à l'époque de notre commande (septembre 1898) cette maison n'avait construit les moteurs Boucherot que pour des puissances de 80 chevaux.

Les rhéostats de démarrage des moteurs triphasés permettent, dans une certaine mesure, de réduire leur vitesse de rotation. Cette réduction ne peut toutefois être permanente à cause des échauffements, et se traduit économiquement par une perte de rendement. Afin de pouvoir opérer facilement la mise en marche et de pouvoir maintenir pendant une durée assez longue la marche ralentie des pompes, toutes les installations importantes d'épuisement électriques que j'ai visitées en Allemagne (1) sont montées en simple transport de la force électrique. Les installations sont alors fort simplifiées et le démarrage du moteur souter-

(1) Notamment celles des mines Maria Anna et Steinbank à Höntrop, Consolidation à Schalke, Zollverein, I et II.

rain s'effectue par la mise en marche lente de la génératrice établie à la surface. La division en trois unités de notre station génératrice nous permet d'affecter l'une quelconque d'entre elles, par connexion directe des circuits, au transport de la force pour l'une ou l'autre de nos pompes.

Le siège Espérance, où se trouve la station génératrice, et le siège Saint-Nicolas sont reliés par deux lignes aériennes identiques, afin que l'une d'elles puisse desservir uniquement la pompeuse, l'autre donnant le courant aux autres appareils du siège Saint-Nicolas. Nous pouvons ainsi faire démarrer nos pompes et leur maintenir une marche lente aussi longtemps qu'il peut être désirable de le faire et ne les brancher sur le circuit général que lorsque la vitesse de régime est atteinte et que la génératrice qui leur fournit la puissance est en synchronisme avec celle qui actionne le reste des installations.

L'emploi d'une double ligne aérienne entre les deux sièges assure d'autre part un fonctionnement continu du ventilateur du siège Saint-Nicolas ; si un accident mettait une des lignes hors service, l'autre pourrait activer à elle seule tous les appareils du siège.

Bien qu'il soit possible d'arriver à réduire notablement la vitesse de rotation des moteurs triphasés, ce n'est que pour la commande des pompes à grande vitesse faisant 150 à 250 tours à la minute (1), nées d'hier, ou pour la commande de pompes très puissantes, comme la pompe Haniel et Lueg de Zollverein I et II, que l'on peut actionner directement l'arbre des pompes par l'électro-moteur.

Pour les faibles vitesses, les électro-moteurs prennent

(1) Pompes express Riedler, Ehrhardt et Zehmer, Maschinenbau-Anstalt « Breslau ».

de grandes proportions, les pompes exigent alors de vastes excavations souterraines.

C'est ainsi que la pompe Zollverein I et II exige un emplacement qui, en section transversale, n'est pas inférieur à celui que nécessitent les plus fortes pompes souterraines à vapeur. Cette pompeuse électrique est composée d'un groupe de deux pompes différentielles Riedler conjuguées, capables d'élever 3 mètres cubes d'eau par minute à 411 mètres de hauteur, en faisant 60 révolutions sous l'action d'un moteur triphasé formant volant, placé sur l'arbre entre les deux pompes.

La pompeuse de la mine Maria Anna et Steinbank à Höntrop, qui élève 6 mètres cubes par minute à 430 mètres de hauteur, est également logée dans une excavation de très grandes dimensions. Cette pompeuse consiste en un groupe de deux pompes différentielles conjuguées d'un type spécial dû à M. Baare, directeur technique de la Görlitzer Fabrik et du charbonnage précité. L'arbre qui tourne à 60 tours porte un énorme volant, construit en plusieurs pièces, lequel est actionné par des câbles en chanvre mis en mouvement par un moteur triphasé faisant de 150 à 180 révolutions. Pour une machine aussi puissante, la commande directe par un électro-moteur à 60 tours semblerait plus rationnelle ; ce moteur n'aurait pas des dimensions plus grandes que le volant-poulie et n'aurait pas exigé une excavation plus colossale. On a adopté la transmission par cordes parce que les dimensions des puits de la mine étaient trop restreintes pour permettre de descendre les pièces d'une telle dynamo, tandis que la poulie-volant pouvait être fractionnée en segments de dimensions moindres.

Toutes les houillères ne sont pas favorisées des terrains solides du bassin Westphalien qui permettent d'y creuser de vastes excavations, telles que sont les

chambres des machines dont il vient d'être question. Sous le rapport de la compacité des installations, les pompes à grande vitesse présentent une solution pleine d'attraits pour les mineurs, et l'on peut prévoir que c'est dans cet ordre d'idées que s'orienteront les applications du pompage électrique, bien que l'expérience n'ait pas encore consacré les résultats pratiques de ce genre d'appareils.

Lorsque nous avons étudié nos nouvelles installations d'épuisement électrique, l'*Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft* se proposait seulement de faire un essai de la pompe express de Riedler à la mine Leopoldshall des salines de Stassfurt (1); aussi n'avons-nous pu songer à l'emploi d'un appareil de cette espèce. Nos pompeuses électriques, destinées à élever 500 mètres cubes d'eau en dix heures à 400 mètres de hauteur, sont constituées par trois pompes à simple effet juxtaposées, dont les plongeurs, de 115 millimètres de diamètre et 500 millimètres de course, sont mus par un arbre à trois manivelles calées à 120°. Cet arbre fait 60 tours; il est conduit à l'aide d'un manège d'engrenage à dents taillées, par un électro-moteur asynchrone Boucherot de 125 chevaux tournant à 330 tours par minute.

La réduction de vitesse par un manège d'engrenage donne certainement lieu à une perte de rendement; le rendement garanti de nos pompes n'est pas supérieur à 75 %, alors que l'attaque directe permettrait d'atteindre des rendements de 80 à 85 %; mais la pompeuse à engrenages est un appareil très compact. L'encombrement de nos pompes ne dépasse pas 1^m,60 en largeur sur 2^m,10 en hauteur et 5 mètres en longueur; aussi se

(1) Les machines d'épuisement souterraines. *Revue universelle des mines*, t. XLIV, page 296.

trouvent-elles à l'aise dans des chambres cylindriques de 4 mètres de diamètre et 12 mètres de longueur.

La haute tension, 1.000 volts, à laquelle nous avons été conduit par raison d'économie, est certes dangereuse ; aussi avons-nous pris de grandes précautions pour éviter tous les accidents qui pourraient en résulter. C'est avec une vive satisfaction que nous avons entendu M. Libert, le père de la réglementation des installations électriques dans les mines belges, donner son approbation aux mesures que nous avons prises et vous déclarer qu'il s'en était inspiré pour apporter des modifications au code de conditions d'autorisation à imposer dans l'avenir.

Ces mesures résident dans une séparation complète des parties électriques et des parties mécaniques de nos installations.

Les masses des appareils générateurs, transformateurs et récepteurs, sont mises à la terre, afin que si un contact se produisait entre le bobinage et le bâti, ce dernier restât au même potentiel que la terre, et pût être touché sans inconvénient par le personnel.

Toutes les pièces métalliques nues, les appareils de manœuvre, de contrôle et de mesure portant le courant à haute tension sont mises hors d'atteinte.

Un filet protecteur mis à la terre est tendu, sous les lignes aériennes, en fils de cuivre nus. S'il existe une terre accidentelle, la rupture d'un conducteur à haute tension établira une seconde terre par le contact du conducteur avec le filet ; il en résulte un court circuit, fusion des plombs, et mise hors circuit de la ligne.

Le courant électrique est entièrement isolé sur toute l'étendue de son parcours souterrain, les interrupteurs étant à rupture sous un bain d'huile, les coupe-circuits et ampèremètre étant placés dans des boîtes à fermeture hermétique.

Ainsi comprise, une installation électrique présente les mêmes qualités de simplicité, de robusticité et de sécurité de fonctionnement qu'une installation purement mécanique, et les dangers de la haute tension n'existent plus que pour le personnel expérimenté de la salle des machines génératrices qui seul a accès derrière le tableau de distribution.

Au point de vue économique, nous pensons également arriver à un résultat important. Il ne paraît pas douteux en effet que pour les appareils disséminés d'une mine, la production de la puissance électrique par des appareils économiques et sa transmission à distance donnent lieu à des consommations moindres que l'emploi de moteurs à vapeur, parfois peu économiques et éloignés de leurs chaudières. Pour les pompes, qui sont les seuls appareils miniers dont la consommation soit assez bien connue, et qui, par suite, permettent la comparaison, il nous a été garanti 12k,5 de consommation de vapeur par heure et par cheval-eau-élevée au siège Espérance, et 13k,5 au siège Saint-Nicolas, plus éloigné de 600 mètres de la station génératrice.

Telles sont, Messieurs, les indications que j'ai cru intéressantes de vous présenter au sujet des installations électriques des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, et il me reste à vous remercier de l'attention que vous avez bien voulu m'accorder.

Installations électriques des mines de Carmaux.

Par M. PÈRÈS,
agent général des Mines de Carmaux.

M. Ch. PÈRÈS. — Dans le courant de l'année 1894, la Compagnie des mines de Carmaux se préoccupait d'établir une installation électrique de distribution de force et de lumière qui pût lui permettre :

1° De remplacer par des moteurs électriques un grand nombre de moteurs à vapeur disséminés sur les divers points de l'exploitation, moteurs qui, par leur usure ou leur affectation successivement modifiée, étaient devenus d'un fonctionnement et d'un entretien très onéreux ;

2° De réaliser, dans les travaux souterrains, toutes les applications pour lesquelles l'électricité fournit une solution simple, rapide et économique (pompes d'épuisement, treuils, ventilateurs, perforatrices, traction mécanique, etc.) ;

3° De fournir de la force motrice aux importantes installations de la surface qui étaient en cours d'exécution (nouveau siège Sainte-Marie, laverie à houille, etc.) ;

4° Enfin, de supprimer l'éclairage au gaz, pour lequel la Compagnie des Mines était tributaire de l'usine à gaz de Carmaux, et qui était d'ailleurs insuffisant, car on n'avait pu, en raison de la distance, l'appliquer aux deux derniers sièges créés.

La puissance totale nécessaire pour exécuter ces divers projets était évaluée à 1.200 chevaux environ.

À la même époque, la Société se préoccupait aussi d'utiliser les chaleurs perdues de ses fours à coke.

Les expériences faites sur la puissance calorifique des gaz et des flammes qui s'échappaient par les cheminées des fours avaient permis de conclure qu'ils pourraient fournir, si on les employait simplement au chauffage de chaudières appropriées, non seulement la vapeur nécessaire pour alimenter la station centrale de transport de force et de lumière dont on a parlé plus haut, mais encore celle qui était utile pour le fonctionnement de l'usine à agglomérés et d'un groupe

de machines à vapeur situées à proximité ; d'où suppression de deux batteries de chaudières existantes.

La fusion de ces deux projets ne pouvait que s'imposer ; aussi fut-il décidé :

1° Que les chaleurs perdues des fours à coke seraient exclusivement utilisées pour la production de vapeur ;

2° Qu'il serait créé dans le voisinage des fours à coke, une station centrale d'électricité alimentée par cette vapeur ;

3° Enfin, que l'énergie produite serait distribuée sur les divers points de l'exploitation sous forme de force motrice et d'éclairage.

Telle fut la genèse du projet qui est aujourd'hui réalisé, et que nous allons décrire.

1. — *Production de vapeur.*

Fours à coke (Pl. VII). — L'usine à coke comporte 114 fours groupés en 14 batteries de 8 à 10 fours chacune, le tout formant un massif unique de 180 mètres de longueur.

Les dimensions d'un four sont : longueur, 9 mètres ; largeur, 0^m,70 ; hauteur, 1^m,50.

Il reçoit une charge de 5.300 kilogrammes de houille menue et rend 4 tonnes de coke, après 48 heures de cuisson.

Les fours sont du système belge. Les produits volatils qui se dégagent de la masse en ignition descendent par des carneaux ménagés dans les parois verticales et circulent ensuite sous la sole, d'où ils vont au collecteur général qui les amène à la cheminée particulière de la batterie, construite sur l'une des culées. Sauf pour les batteries extrêmes, ces cheminées sont jumelées deux par deux, de telle sorte que l'ensemble

présente deux cheminées simples et six cheminées doubles.

Générateurs de vapeur (Pl. V et VIII). — Huit générateurs inexplosibles, du système Belleville, sont directement assis sur l'arrière des culées des batteries, en regard des cheminées. Des galeries creusées dans les culées et un jeu de registres permettent, à volonté, de diriger les flammes sous les chaudières, ou de les laisser se perdre à l'air libre, comme par le passé, à l'aide des anciennes cheminées.

Les générateurs ont, en totalité, une surface de chauffe de 1.126 mètres carrés.

Pompes et conduites d'alimentation (Pl. VIII). — L'alimentation automatique des chaudières est assurée par une batterie centrale de deux pompes et une double conduite de distribution d'eau. Les pompes se bornent à maintenir une pression constante dans les conduites sur lesquelles chaque générateur prend, automatiquement et d'une façon continue, l'eau qui doit remplacer celle qu'il vaporise.

Une quelconque des pompes peut refouler dans l'une quelconque des conduites, ou dans les deux à la fois, et chaque générateur peut être alimenté à volonté par l'une ou par l'autre de ces canalisations, ou par les deux simultanément. Le rôle important que joue l'alimentation dans le fonctionnement des chaudières où la vaporisation est, en quelque sorte, instantanée, commandait cette mesure.

En marche normale, les deux circuits d'alimentation sont ouverts et desservis par une seule pompe ; dans le cas de fuite ou de rupture de l'un d'eux, il suffirait d'isoler par un jeu de robinetterie la section endommagée, sans entraver ainsi en rien le fonctionnement de l'ensemble.

Les deux pompes sont mises alternativement en service pendant douze heures chacune.

Deux compteurs d'eau permettent de suivre, à tout instant, la marche de la vaporisation.

Tuyauterie de vapeur (Pl. VIII). — La vapeur produite par les diverses chaudières est recueillie dans un collecteur général qui règne sur toute la longueur des fours et se prolonge, d'un côté, vers un groupe de moteurs à vapeur (pompes, compresseur, monte-charges), et de l'autre, vers l'usine à agglomérés. Une soupape de décharge envoie automatiquement dans une cheminée l'excédent de vapeur non utilisée.

Au milieu, se trouvent les prises de vapeur pour les machines de la Station centrale d'électricité.

Une conduite secondaire de vapeur, reliée également à chaque chaudière, est spécialement affectée au fonctionnement des pompes alimentaires.

Afin de laisser libre la plate-forme de chargement des fours à coke, les collecteurs de vapeur et les conduites d'alimentation sont fixés sur une passerelle aérienne couverte, qui facilite la surveillance et les manœuvres de robinetterie. Comme les conduites elles-mêmes, cette passerelle règne sur toute la longueur des fours.

Quantité d'eau vaporisée. — Il résulte de nombreuses expériences que la quantité d'eau vaporisée à 12 kilos de pression est, en moyenne, de 168 kilos par four et par heure, soit 19.152 kilogrammes pour la totalité des fours ; ce qui représente une force motrice disponible de 1.900 chevaux environ (1).

(1) Un four donnant 4 tonnes de coke, après quarante-huit heures de cuisson, on voit que la quantité de vapeur obtenue est de 2.016 kilogrammes par tonne de coke fabriqué.

Dépenses quotidiennes. — Trois hommes suffisent à assurer la bonne marche de cette installation dont le fonctionnement est, de tous points, automatique : un mécanicien pour surveiller la batterie des pompes alimentaires, et deux manœuvres qui ont, chacun, la garde de quatre générateurs et de la tuyauterie correspondante. Trois équipes ainsi composées, qui se relayent de huit heures en huit heures, se partagent le service. Le salaire de ces ouvriers, par 24 heures, est de 37 fr. 60.

Des données précises que l'on possède depuis 1894, il résulte que le graissage des chevaux alimentaires, le nettoyage des générateurs et l'entretien de la robinetterie, représentent une dépense journalière de 15 fr. 55.

Ces deux éléments réunis donnent, par jour, une dépense totale de 53 fr. 15.

Prix de revient des 1.000 kilos de vapeur. — Les huit générateurs qui sont actuellement en service peuvent vaporiser, par vingt-quatre heures (à raison de 168 kilos par four et par heure), 459.648 kilogrammes d'eau.

La tonne de vapeur à 12 kilos de pression revient donc à 0 fr. 115 (1).

Date de mise en service des générateurs. — Les huit générateurs ont été mis en service : le premier, en juin 1894 ; les trois suivants, en octobre 1895 ; et les

(1) Pour mémoire, nous croyons devoir faire remarquer que le prix coûtant de la tonne de vapeur produite par les cinquante-cinq générateurs à bouilleur qui fonctionnaient, en 1894, sur les divers sièges de l'Exploitation, en brûlant des combustibles de médiocre qualité et estimés à bas prix, était en moyenne, y compris la main-d'œuvre et l'entretien, de 2 fr. 21.

quatre derniers, à raison d'un par année, de juillet 1896 à décembre 1899.

: Les pompes alimentaires et la majeure partie de la tuyauterie fonctionnent depuis le mois d'octobre 1895.

Pendant cette période de service déjà longue, il ne s'est produit aucune avarie ayant entraîné l'arrêt de l'installation.

II. — Production de l'énergie électrique.

Choix du système. — En raison de la diversité des applications à réaliser, éclairage et force motrice, à proximité et à distance, à la surface et dans les travaux souterrains, les courants *alternatifs triphasés* étaient désignés, tout à la fois à cause de la facilité avec laquelle ils se prêtent à la transformation, et à cause des avantages que présentent les moteurs qui utilisent ces courants.

Une partie importante de l'énergie devant être consommée, en quelque sorte, à pied d'œuvre, par la laverie et la fabrication du coke et des agglomérés, il y avait intérêt à produire, à la Station centrale, du courant à un voltage modéré, qui pût être utilisé sans transformation, tout en donnant une sécurité complète pour les ouvriers chargés de la surveillance des génératrices et des appareils récepteurs. La tension de 240 volts fut adoptée.

Pour le surplus de l'énergie, qui devrait être transporté à plusieurs kilomètres, la transformation s'imposait. La tension de 5.000 volts fut choisie, car elle donnait, pour l'établissement des lignes générales, un prix relativement peu élevé, sans exiger l'emploi d'engins exceptionnels pour l'isolation.

On s'arrêta à la fréquence de 50 périodes par seconde, qui répondait aux exigences d'une distribution simultanée de force motrice et d'éclairage.

Station centrale (Pl. IX). — La Station centrale comprend quatre groupes électrogènes de 350 chevaux chacun qui peuvent être couplés en quantité, les transformateurs et le tableau central de distribution.

Pour obtenir un bon rendement, il est nécessaire que les machines fonctionnent à une charge voisine de leur puissance maxima. Quatre groupes, de 350 chevaux chacun, qui correspondaient à tous les fractionnements du service à assurer, permettaient d'atteindre le but : c'est ce qui détermina la puissance de l'unité électrogène.

Groupes électrogènes. — Chaque groupe se compose d'une machine à vapeur avec volant. L'alternateur et son excitatrice sont directement calés sur l'arbre moteur.

La machine à vapeur est horizontale, compound, avec deux cylindres montés en tandem ; la distribution du cylindre à haute pression est faite par un tiroir cylindrique équilibré, avec détente variable qui commande un régulateur Armington fixé au volant ; celle du cylindre à basse pression est du genre Corliss.

Les dimensions principales sont :

Diamètre du cylindre à haute pression.	450 millim.
Diamètre du cylindre à basse pression..	750 —
Course commune.....	1000 —

Les conditions normales de fonctionnement sont :

Pression de la vapeur.....	8 kilogr.
Nombre de tours par minute.....	100 —
Puissance en chevaux effectifs.....	350 —

La consommation de la machine à vapeur est de 9 k.750, par cheval indiqué et par heure, avec échappement à l'air libre.

Les machines peuvent marcher aussi à condensation, à l'aide de condenseurs automoteurs ; mais cette dernière partie de l'installation n'est pas encore faite.

L'alternateur triphasé est du type Siemens et Halske ; l'inducteur est mobile et l'induit fixe. L'inducteur mobile porte soixante pôles. Il reçoit le courant d'excitation par deux bagues de cuivre calées sur l'arbre, bagues sur lesquelles l'excitatrice elle-même envoie son courant par l'intermédiaire de balais frotteurs.

L'induit se compose d'un ensemble de cent quatre-vingts barres de cuivre isolées et logées dans une armature feuilletée ; elles sont reliées en trois circuits réalisant le montage en étoile.

L'excitatrice à courant continu est excitée en dérivation ; elle comprend un inducteur tétrapolaire fixe intérieur et un induit mobile extérieur.

Les conditions de fonctionnement de l'alternateur sont les suivantes :

Nombre de tours par minute.....	100		
Nombre de périodes par seconde....	50		
Tension du courant.....	240 volts.		
Courant débité en pleine charge.....	750 ampères		
Puissance développée en pleine charge..	{	Sur circuit à résistance	
		non inductive.....	330 kw.
		Sur circuit à résistance	
		inductive.....	240 kw.

Les conditions de fonctionnement de l'excitatrice, en pleine charge, sont :

Ampères.....	80
Volts	115

Les divers groupes ont été mis en service : le premier, au mois de mars 1896 ; le deuxième, en novembre 1897 ; le troisième, en janvier 1900 ; le quatrième est en montage.

Tableau central de distribution (Pl. IX et X). — A l'une des extrémités du bâtiment, et à 2^m,50 environ du mur pignon, s'élève un tableau de distribution qui a trois étages.

L'étage inférieur comprend les interrupteurs, les coupe-circuits, les rhéostats, les appareils de mesure qui intéressent le fonctionnement des groupes électrogènes, et ceux qui permettent d'envoyer tout ou partie du courant produit dans les transformateurs.

Le second étage est affecté aux appareils de manœuvre et de mesure relatifs au départ des lignes à basse tension.

Enfin, l'étage supérieur est réservé aux coupe-circuits et aux commutateurs qui commandent les lignes à haute tension ; ces derniers appareils sont placés dans une vitrine fermée.

Des escaliers permettent l'accès facile des divers étages du tableau, aussi bien sur la façade antérieure que sur la façade postérieure.

Transformateurs. — Ces appareils, au nombre de six, sont du type Siemens et Halske. Chacun d'eux peut supporter normalement un courant de 360 ampères sous 240 volts, dans le circuit primaire, et un courant de 18 ampères sous 5.000 volts, dans le secondaire ; ce qui correspond à une puissance électrique de 150 kilowatts sur un circuit à résistance non inductive. Leur rendement, en pleine charge, est compris entre 0,96 et 0,97.

Les transformateurs reposent sur le sol par l'intermédiaire d'isolateurs en porcelaine ; ils sont placés dans la chambre close qui est formée par le tableau de distribution et le mur pignon du bâtiment.

Dépenses journalières de la Station centrale. — Pour le fonctionnement simultané et continu de trois

groupes, c'est-à-dire pour la production de 1.050 chevaux, ces dépenses sont :

1° La main-d'œuvre de conduite et de surveillance : une équipe permanente de trois hommes (un mécanicien, un aide, un électricien) assure le service de la Station ; le salaire de ces ouvriers est, par vingt-quatre heures, de 34 fr. 50 ;

2° Le graissage et le petit entretien, qui coûtent en moyenne 57 fr. 25 ;

3° La consommation de vapeur : la consommation des machines marchant avec échappement à l'air libre est, on s'en souvient, exactement de 9 k. 750, par cheval indiqué, et cette vapeur coûte 0 fr. 115 la tonne. En comptant sur une consommation de 12 kilos, par cheval effectif par heure, pour les trois groupes et par vingt-quatre heures, la vapeur représente une somme de 34 fr. 77.

Ces trois éléments cumulés donnent, comme frais d'exploitation de la Station centrale, une dépense de 126 fr. 52 par vingt-quatre heures, ou une dépense horaire de 5 fr. 27.

Prix de revient du kilowatt-heure produit. — D'où il résulte que le prix de revient du kilowatt-heure, en supposant que toute l'énergie est distribuée sur un circuit à résistance inductive, avec $\cos \varphi = 0,7$, auquel cas les trois machines produisent 720 kilowatts, est de 0 fr. 007.

III. — Distribution de l'énergie électrique.

Principe de la distribution. — Le principe adopté pour la distribution de l'énergie électrique est le suivant :

1° On utilise directement le courant à 240 volts que produit la Station centrale, pour actionner à pied d'œuvre les moteurs des usines de transformation (agglomérés, coke, laverie), en abaissant de 240 à 120 volts la partie qui assure l'éclairage de ces mêmes usines ;

2° On surélève de 240 à 5.000 volts la tension du courant qui doit être transporté sur les principaux centres d'utilisation plus éloignés. En ces derniers points, sont établies des sous-stations qui abaissent de 5.000 volts à 240 volts le courant destiné à la force motrice, et de 5.000 à 120 celui de l'éclairage.

Configuration générale du réseau. — De la Station centrale partent quatre lignes distinctes :

1° Une ligne à 120 volts, pour l'éclairage des usines de transformation (laverie, coke, agglomérés) ;

2° Une ligne à 240 volts, pour les moteurs utilisés dans ces mêmes usines ;

3° Une ligne de 5.000 volts, qui se dirige vers la sous-station de la direction située à 950 mètres de distance ;

4° Enfin la ligne la plus importante, à 5.000 volts, qui joint entre eux les principaux puits ou établissements, et apporte le courant dans les sous-stations qui y ont été établies ; elle a une longueur de 4.350 mètres.

Tours de sectionnement (PL. X). — Deux tours de sectionnement, placées en des points convenablement choisis, permettent, en cas de réparation ou d'accident, d'isoler le tronçon correspondant à chacun des centres principaux de consommation.

La tour de sectionnement se compose d'une cheminée en maçonnerie, de 15 mètres de hauteur et 1^m,25 de

diamètre intérieur ; la base est entourée d'un appentis formant un corridor circulaire et clos, de 1^m,50 de largeur et 3 mètres de hauteur.

Les lignes correspondant aux divers tronçons sont fixées, à l'aide d'isolateurs, à la paroi intérieure de la cheminée, et aboutissent aux commutateurs, interrupteurs et coupe-circuits, établis dans la chambre inférieure.

Canalisations. — Les diverses canalisations sont constituées par trois fils en cuivre électrolytique, de section appropriée. Ces fils, situés dans un même plan vertical, sont attachés à des poteaux en bois, de 10 à 15 mètres de hauteur, par l'intermédiaire d'isolateurs en porcelaine, à triple cloche pour la haute tension, et à double cloche pour la basse tension. Les poteaux sont distants de 40 mètres environ.

A la traversée des routes, les lignes sont entourées d'un réseau en fils d'acier qui, en cas de rupture d'un câble, s'opposerait à sa chute.

Il va sans dire que toutes les canalisations placées à l'intérieur des bâtiments sont faites avec des fils isolés.

Les lignes à haute tension ont été calculées pour avoir un rendement de 0,97, et celles à basse tension, plus coûteuses, un rendement de 0,95 à 0,97, suivant les applications.

Sous-stations (PL. XI). — Sur chaque centre d'utilisation, on a consacré un local spécial à l'établissement d'une sous-station. La ligne à haute tension, protégée par une cheminée en maçonnerie, y pénètre et aboutit à trois barres omnibus sur lesquelles sont faites les prises de courant allant aux transformateurs.

Ces derniers, à leur tour, envoient le courant surbaissé à deux tableaux de distribution comportant tous

les appareils de mesure et de sécurité nécessaires, l'un à 240 volts pour la force motrice, l'autre à 120 volts pour l'éclairage.

C'est également des barres omnibus à haute tension que se fait le départ du câble armé qui descend dans les travaux souterrains.

IV. — Utilisation de l'énergie électrique.

Puissance totale utilisée. — L'énergie utilisée actuellement par les divers récepteurs représente une puissance totale de 1.173 chevaux, savoir :

Eclairage	{ 1.293 lampes à incandescence. }	170 ch.
	41 — à arc..... }	
Force motrice. Moteurs.....	1.003	—

C'est donc une puissance de 1.173 chevaux à produire éventuellement ; mais il faut remarquer que, en raison de la différence des heures auxquelles fonctionnent les récepteurs, il n'y a pas à fournir simultanément la totalité de cette énergie. Aussi les trois groupes électrogènes, bien que comptant seulement une puissance de 1.050 chevaux, sont-ils, pour le moment, en état de suffire, et au-delà, à toutes les exigences de la consommation.

Au point de vue de leur importance, les diverses sous-stations ou centres de consommation se répartissent comme ci-après, savoir :

- 1° Usines de transformation (lavoirs, fabrication de coke et d'agglomérés)..... 532 chevaux.
- 2° Bureaux et habitations, distants de 950 mètres de la station..... 27 —
- 3° Sous-station des ateliers, distante de 600 mètres de la station..... 54 —

4° Sous-station de la Grillatié, distante de 1.900 mètres de la station.....	155 chevaux.
5° Sous-station de Lendrevié, distante de 2.500 mètres de la station.....	38 —
6° Sous-station de la Tronquié, distante de 2.600 mètres de la station....	137 —
7° Sous-station de Sainte-Marie, distante de 4.350 mètres de la station....	215 —
Divers	15 —

Le schéma général de l'installation indique en détail les diverses applications afférentes à chaque sous-station.

Eclairage. — Dans la plupart des bâtiments, l'éclairage par incandescence est réalisé avec des lampes de 120 volts, prises en dérivation sur les trois ponts. Dans certains endroits, on a utilisé pour l'éclairage le circuit des moteurs à 240 volts, en montant deux lampes de 120 volts en tension. Au contraire, aux recettes intérieures des puits et dans les galeries souterraines, où la bonne isolation est plus difficile à maintenir, et où les contacts sont à redouter pour les hommes et pour les chevaux, l'éclairage est assuré par un circuit spécial à 65 volts seulement, avec lampes appropriées.

Sur les plateaux et les voies de service, l'éclairage est fait par des lampes à arc, fonctionnant indépendamment les unes des autres, grâce à l'emploi d'un réducteur particulier à chacune d'elles, qui abaisse le courant de 120 à 35 volts.

Moteurs. — Tous les moteurs employés sont asynchrones. A l'exception de l'un d'eux qui marche directement à haute tension, ils fonctionnent à 240 volts. Le démarrage est réalisé par des procédés variables avec leur puissance, qu'il est intéressant de signaler :

1° Pour les petits moteurs, jusqu'à 6 chevaux, sauf dans les cas spéciaux où il est nécessaire d'avoir un démarrage progressif, il n'y a aucun dispositif ;

2° Pour les moteurs de 10 à 15 chevaux, les trois enroulements distincts de l'induit sont généralement partagés chacun en deux sections, qui se trouvent en opposition au démarrage, et qui sont mises ensuite en court circuit, automatiquement ou à la main, lorsque la vitesse des moteurs a atteint une valeur déterminée ;

3° Pour les moteurs de puissance supérieure à 12 chevaux, il y a deux dispositifs : tantôt le démarrage se fait à l'aide d'un rhéostat liquide ou d'un rhéostat à fils relié à l'induit à l'aide de trois balais frotteurs, balais qu'une came permet de soulever simultanément après le démarrage (type de la Société alsacienne de Belfort et de la Société d'Erlikon) ; tantôt, comme c'est le cas des moteurs Boucherot, le démarrage se fait sans nécessiter de rhéostat, et en faisant simplement tourner, l'une par rapport à l'autre, d'un angle égal à la distance de deux pôles, les deux couronnes juxtaposées qui constituent l'inducteur.

Les essais au frein qui ont été faits sur tous les moteurs, avant la mise en service, ont donné, en moyenne, les résultats ci-après :

Moteurs de	1 à 10 chevaux.	—	Rendement.	0,82
—	de 10 à 30	—	—	0,87
—	de 30 à 60	—	—	0,90
—	de 60 à 125	—	—	0,93

Différents modes d'emploi des moteurs. — Il serait sans intérêt de passer une à une en revue toutes les applications qui ont été faites et qui sont indiquées sur le schéma général de l'installation.

Ces applications peuvent, en effet, se classer en deux catégories :

1° Celles où l'électromoteur attaque simplement une transmission, par l'intermédiaire d'une courroie, comme le faisait ou comme pourrait le faire un moteur à vapeur ;

2° Celles où, par la combinaison immédiate d'un électromoteur et d'organes connus, on a produit un groupement nouveau par la forme et par les dimensions, nouveau aussi par les conditions de fonctionnement et surtout par les facilités d'installation.

Moteurs actionnant une transmission ordinaire. — En dehors des importantes économies de combustible et de main-d'œuvre qu'elles ont permis de réaliser, ces applications ont surtout pour intérêt la multiplicité et la simplicité des solutions qu'elles ont fournies (commande des transmissions de la laverie, des ateliers de réparations, de la chaudronnerie, des presses à agglomérer, de tous les ateliers de criblage de la houille, du broyeur classeur de coke, du malaxeur d'argile, de la pompe de Fongrande, etc.) ; elles sont représentées par quinze moteurs ayant une puissance totale de 501 chevaux.

Moteurs actionnant les grands ventilateurs (Pl. XI). — Dans les applications du genre précédent rentre aussi la commande des quatre ventilateurs principaux qui assurent l'aérage des travaux souterrains.

Aux puits du Creux-fol, de Lendrevié et de la Tronquié, un ventilateur Guibal, à allure lente, était conduit par une machine à vapeur en connexion directe. La bielle a été enlevée, et le volant de la machine est actuellement attaqué par un électromoteur, à l'aide d'une transmission intermédiaire à courroies. Ces

trois ventilateurs comportent trois moteurs ayant une puissance totale de 110 chevaux.

Au siège Sainte-Marie, dont l'installation est toute récente, on a adopté un ventilateur à marche rapide qu'attaque directement, par courroie, un moteur de 88 chevaux à haute tension.

Moteurs faisant partie d'un groupement nouveau.

— Ces applications, de beaucoup les plus intéressantes, sont représentées par les machines que nous allons décrire sommairement ci-après.

Treuil de mine (Pl. XIII). — Le treuil se compose d'un tambour de treuil ordinaire qui reçoit son mouvement d'un électromoteur, à l'aide d'un arbre intermédiaire, le tout par engrenages.

Le tambour et l'arbre intermédiaire, d'une part, le moteur et le rhéostat, de l'autre, sont fixés sur les deux moitiés d'un bâti unique qui peut se démonter, pour faciliter la descente dans un puits et le transport dans les galeries souterraines.

Le pignon de l'électromoteur, qui est en cuir vert, et la roue de l'arbre intermédiaire, sont à denture droite ; le pignon de l'intermédiaire et la roue solidaire du tambour, à denture à chevrons.

Un commutateur inverseur permet d'obtenir, par la manœuvre d'une simple manette, la marche avant, l'arrêt et la marche arrière du tambour.

Comme mesure de sécurité, le tambour porte un frein à pédale, normalement serré.

La Compagnie possède deux treuils semblables. Ils ont une puissance de 10 à 15 chevaux chacun. Le premier fonctionne depuis 1896.

Les dimensions d'encombrement sont : longueur, 1^m,700 ; largeur, 1^m,600 ; hauteur, 1 mètre ; c'est-à-dire

sensiblement les mêmes que celles d'un treuil à vapeur ou à air comprimé, de puissance égale.

Il n'est pas besoin d'insister sur les avantages que présente le treuil électrique au point de vue de la facilité et de la rapidité du déplacement et de l'installation, si intéressantes dans les travaux de mine.

Défourneuse à coke (PL. XIV). — Dans cette machine, comme dans toutes les défourneuses mécaniques, un châssis roulant, construit en fers profilés, supporte la queue à crémaillère du bouclier qui doit pousser hors du four le saumon incandescent. L'électromoteur commande, avec un intermédiaire, l'arbre principal de prise de mouvement ; un double embrayage placé sur ce dernier permet, à volonté, soit d'actionner la crémaillère, soit d'obtenir le déplacement latéral du châssis porteur.

Le mouvement avant, l'arrêt et le mouvement arrière de la crémaillère, tout comme le déplacement à gauche, l'arrêt et le déplacement à droite du châssis porteur, sont obtenus par la manœuvre d'un seul levier, celui du commutateur inverseur dont nous avons déjà parlé pour le treuil.

Le moteur a une puissance de 25 chevaux.

La prise de courant se fait, à l'aide de galets, sur une ligne aérienne à trois fils, qui longe la façade antérieure des fours à coke.

Cette machine, qui a remplacé avec avantage deux défourneuses à vapeur, fonctionne depuis juin 1897.

Pompes souterraines d'épuisement (PL. XIII et XV). — Avant l'emploi de l'électricité, l'enlèvement des eaux souterraines était fait, à Carmaux, par la machine d'extraction, avec l'aide de bennes spéciales. Ce système entraînait des complications de service qu'on avait la

préoccupation d'éviter, en établissant des pompes mues mécaniquement, dans le voisinage des recettes inférieures des puits.

Les avantages que présente à cet égard l'emploi de l'électricité sur celui de la vapeur et de l'air comprimé sont tels que, dans certaines mines, on n'a pas hésité à créer des installations électriques en vue de l'épuisement seul. Aussi le choix de pompes électriques s'imposait-il aux mines de Carmaux, où l'énergie est produite dans des conditions particulièrement économiques.

Dans les trois puits de la Grillatié, de la Tronquié et de Sainte-Marie, l'installation des pompes est faite de la même façon. De la sous-station de la surface part un câble armé, à haut isolement, qui apporte le courant à 5.000 volts à l'intérieur d'une chambre aménagée dans les travaux souterrains. Ce local est divisé en deux parties : dans l'une, sont établis les transformateurs qui surabaissent la tension de tout le courant qui doit être utilisé dans la mine ; l'autre est réservée à la pompe d'épuisement avec les appareils de manœuvre et de mesure qu'elle comporte.

Les trois pompes sont identiques au point de vue du principe.

Dans chacune d'elles, les pistons plongeurs de trois corps de pompe horizontaux, à simple effet, sont actionnés par un arbre trois fois coudé, qui porte à une de ses extrémités la roue d'engrenage attaquée directement par le pignon de l'électromoteur.

Les pompes de la Grillatié et de Sainte-Marie refoulent actuellement, chacune, 60 mètres cubes d'eau à l'heure, à une hauteur de 220 mètres.

Celle de la Tronquié, 10 mètres cubes à l'heure, à une hauteur de 350 mètres.

Mais, en vue de leur déplacement ultérieur, ces

pompes ont été construites pour pouvoir refouler le même volume, les premières à 300 mètres, et la dernière à 400 mètres de hauteur verticale.

Les dimensions d'encombrement sont : pour les premières, longueur, 3^m,300 ; largeur, 2 mètres ; hauteur, 1^m,500 ; — pour la dernière, longueur, 2^m,400 ; largeur, 1^m,300 ; hauteur, 1^m,200.

La mise en marche de ces pompes a eu lieu en 1897.

Autres pompes (Pl. XV). — Deux pompes électriques identiques à celles que nous venons de décrire, et capables de refouler chacune 60 mètres cubes d'eau à l'heure à 50 mètres de hauteur, sont installées au bord de la rivière du Cérou, et assurent l'alimentation en eau pure des chaudières des usines, de la Grillatié et de la Tronqué.

Deux petites pompes verticales triples, construites sur le même principe, et qui ne diffèrent des précédentes que par l'adjonction d'un arbre intermédiaire entre l'arbre coudé et l'électromoteur, fonctionnent, pour des services secondaires, sur deux des sièges de l'Exploitation. Chacune d'elles peut refouler 15 mètres cubes à l'heure, à 40 mètres de hauteur.

Enfin, une pompe portative à force centrifuge, actionnée par un électromoteur, permet de faire la vidange et le nettoyage des réservoirs à eau en maçonnerie qui sont établis sur divers points.

Elle rend facile et rapide une opération autrefois laborieuse et coûteuse.

V. — Rendements.

Définition du rendement considéré. — On peut exprimer le rendement partiel et le rendement total de l'installation d'une infinité de manières, suivant la façon dont on envisage, d'une part, l'énergie restituée

par les moteurs récepteurs (aux bornes du récepteur, sur son arbre, sur l'arbre principal de la machine particulière à laquelle il est adjoint, etc.), et, d'autre part, l'énergie produite par les machines génératrices (puissance indiquée, puissance fournie par l'arbre de la machine à vapeur, énergie prise aux bornes de l'alternateur, etc.).

Chacune de ces expressions a son intérêt, suivant le point de vue particulier auquel on se place.

Mais, le rendement le plus intéressant au point de vue industriel, le seul qui permette de comparer les résultats du transport de force à distance avec ceux que donnaient ou donneraient des moteurs à vapeur installés aux points d'utilisation, c'est le rapport entre l'énergie recueillie sur l'arbre des moteurs récepteurs et celle qui a été fournie sur l'arbre de la machine à vapeur de la Station centrale.

C'est aussi le seul dont il s'agit dans ce qui va suivre.

Rendements des différents moteurs suivant les conditions particulières de leur installation. — On a donné dans le corps de cette note, à l'article consacré à chacun d'eux, le rendement isolé des divers éléments de l'installation (alternateurs, transformateurs, lignes et électromoteurs).

Les rendements d'utilisation des divers électromoteurs, suivant les conditions particulières de leur installation, c'est-à-dire en tenant compte des transformations qu'a subies le courant qui les actionne, sont, suivant leur puissance :

- 1° Moteurs utilisant directement et sans transformation le courant produit par la Station centrale.... de 0,72 à 0,82
- 2° Moteurs utilisant le courant deux fois transformé de la Station

centrale	de 0,68 à 0,78
3° Moteurs utilisant le courant une seule fois transformé de la Station centrale	de 0,80 à 0,81

Rendement général de l'installation. — Dans une série d'expériences faites avec les groupes électrogènes et les récepteurs fonctionnant à pleine charge, ce rendement a été compris entre 0,67 et 0,79.

VI. — Conclusion.

De ce résultat se dégage le terme final de l'économie réalisée par l'installation électrique de Carmaux, c'est-à-dire le prix de revient du cheval-vapeur effectif sur l'arbre des moteurs récepteurs, à rapprocher du prix que coûtait ou que coûterait cette même puissance avec des machines à vapeur installées à la place des récepteurs électriques.

Le prix de revient du kilowatt produit par la Station centrale, combiné avec le rendement général de l'installation, donne, pour prix de revient moyen du cheval-heure effectif sur l'arbre des moteurs-récepteurs, 0 f.007.

D'autre part, le prix coûtant du cheval-heure effectif des machines à vapeur qui ont été supprimées était de 0 fr. 040.

L'économie produite est donc de 0 fr.033 par cheval-heure effectif que fournissent les moteurs récepteurs (1).

(1) A côté de ces résultats satisfaisants, nous considérons comme un devoir de citer les noms des constructeurs qui ont fourni les principaux éléments de l'installation.

Les chaudières, les pompes alimentaires, la tuyauterie et la robinetterie ont été fournies par la Société Delaunay-Belleville.

Les groupes électrogènes, les transformateurs, les pompes horizontales, la défourneuse, les treuils et la majeure partie

VII. — *Projets d'avenir.*

Nous croyons devoir signaler, en terminant, les nouvelles applications qui vont être très prochainement réalisées à Carmaux.

Perforatrices. — Les résultats obtenus par des essais faits avec des perforatrices électriques à percussion, du système Siemens et Halske, ont été assez satisfaisants pour qu'on ait décidé d'armer avec ces machines le chantier de perforation d'une galerie dans les poudingues et les grès houillers.

Traction souterraine. — Sur l'un des sièges de l'exploitation va être établie, dans une galerie à travers-bancs de 1.800 mètres de longueur, une traction par câbles, qui pourra amener au puits 1.400 bennes de houille en huit heures.

Sur un autre siège, on va essayer une traction par locomotives électriques à accumulateurs. La recharge des accumulateurs sera faite dans les travaux souterrains, à l'aide du courant continu obtenu par la transformation du courant alternatif dans un convertisseur tournant.

Chariots transbordeurs. — Les chariots transbordeurs desservant les principales voies de triage, et qui sont actuellement mus par des chevaux, vont être remplacés par des chariots électriques.

Machine d'extraction. — On étudie aussi la possibilité d'armer le puits N° 2 du nouveau siège Sainte-Marie avec une machine d'extraction électrique.

des électromoteurs ont été construits par la Société alsacienne de Constructions mécaniques.

Les autres moteurs proviennent de Société d'Érlikon et de la Maison Bréguet (moteurs Boucherot).

Les pompes verticales ont été fournies par la maison Hermann-Glänzer.

Installations électriques des mines de la Grand'Combe

Par M. MAZODIER,

Ingénieur en chef des Mines de la Grand'Combe.

M. MAZODIER. Messieurs, les installations électriques de la Grand'Combe n'étant pas encore terminées, il serait prématuré d'en donner une description détaillée, avec plans et chiffres à l'appui. Aussi nous bornerons-nous à présenter l'esquisse des installations faites, et à indiquer celles qui sont encore à faire.

I. — Station génératrice.

La station génératrice a été établie, près de son centre d'utilisation, dans le voisinage immédiat du puits d'extraction de Pétassas.

Alternateurs. — Elle comprend deux alternateurs à courants triphasés du type Siemens, pouvant fournir chacun 200 kilowatts sur le circuit des moteurs alimentés par la station.

La fréquence des courants est de 50 périodes et leur tension de 600 volts.

Chaque alternateur possède sa dynamo excitatrice, qui est montée sur le prolongement de l'arbre de l'inducteur et donne 100 ampères à la tension de 75 volts.

Machines à vapeur. — Les alternateurs sont actionnés par des machines à vapeur Corliss-Weyher, monocylindriques et à condensation, qui reçoivent en marche normale de la vapeur à 8 kilos de pression, avec un degré d'admission égal au $\frac{1}{10}$ de la course, et

fournissent, dans ces conditions, une force de 300 chevaux.

Les alternateurs font 300 révolutions par minute, et les machines à vapeur 100 tours.

Les volants pèsent 20.000 kilos ; pour faciliter l'accouplement des alternateurs et assurer la régularité de la marche de l'installation, on les a faits assez puissants pour que la variation maxima de leur vitesse de rotation, pendant un tour, ne dépasse pas, à la charge normale de 300 chevaux effectifs, la deux cent cinquantième partie de cette vitesse.

Chaudières. — Les machines à vapeur sont alimentées par une batterie de 4 chaudières multitubulaires du type Lanet, timbrées à la pression de 10 kilos, groupées deux par deux et présentant chacune une surface de chauffe de 150 mètres carrés.

Les foyers consomment des poussières anthraciteux et sales, de minime valeur, dont on réalise la combustion complète en soufflant sous les grilles de l'air à une pression qui varie de 30 à 50 millimètres d'eau, suivant l'épaisseur de la couche à traverser.

Surchauffeurs. — Comme les chaudières multitubulaires produisent de la vapeur très humide, nous avons annexé à la batterie des chaudières deux surchauffeurs Deck, à foyer indépendant, non pour surchauffer, mais pour assécher la vapeur. Les chaudières et les surchauffeurs forment ainsi un ensemble dans lequel la vaporisation est en quelque sorte compoundée.

Réfrigérant. — L'eau tiède, évacuée par les condenseurs, est reprise par une pompe centrifuge, mue électriquement, qui la refoule sous une charge de 15 mètres dans les pulvérisateurs d'un réfrigérant. L'eau, rafraîchie par sa pulvérisation dans l'atmos-

phère retombe dans le bassin d'alimentation des condenseurs.

L'eau pure qui sert à l'alimentation des chaudières, compense les pertes dues à l'évaporation.

II. — *Tableau de distribution.*

Les courants engendrés par les alternateurs sont reçus sur un tableau de distribution à quatre panneaux qui porte tous les appareils de réception, de distribution, de couplage, de régulation et de sûreté.

Il comprend pour chaque machine :

Un rhéostat de réglage à main, un régulateur automatique de tension, commandé par un voltmètre à contact, un ampèremètre pour le courant principal, un voltmètre, un interrupteur triple et un coupe-circuit triple.

Un indicateur de phase permet le couplage des alternateurs en quantité, lorsque les besoins du service le demandent.

Les lignes de départ, au nombre de quatre, sont munies chacune d'un ampèremètre, d'un interrupteur triple et d'un coupe-circuit triple.

Trois de ces lignes envoient le courant, à la tension de 600 volts, aux moteurs dont nous parlerons plus loin.

Transformateurs. — La quatrième alimente deux transformateurs de 150 kilowatts qui élèvent la tension des courants de 600 à 5.000 volts.

Ces transformateurs sont placés dans un local séparé de la salle principale des machines.

Ce local renferme également le tableau de distribution des courants à haute tension qui comprend, pour chaque transformateur et pour chacune des lignes à 5.000 volts, un interrupteur triple et un coupe-circuit triple à haute tension.

III. — *Canalisations.*

Lignes souterraines. — Les lignes souterraines sont constituées par des câbles triconcentriques, soigneusement isolés, revêtus d'une gaine de plomb et protégés par une armature en fils d'acier.

Leur isolement, après la pose, est encore de 500.000.000 ohms par kilomètre à la température de 15° centigrades.

Les diverses canalisations souterraines sont entièrement situées soit dans des puits d'entrée d'air, soit dans des galeries voûtées qui leur font suite et sont parcourues par un courant d'air vif et frais.

Lignes aériennes. — Les lignes aériennes sont supportées par des poteaux, injectés au sulfate de cuivre, ayant 10 mètres de hauteur et espacés à des intervalles de 30 mètres.

Ces poteaux sont entourés de fils de ronce sur deux mètres de hauteur à partir de leur pied ; ils portent en outre des plaques indicatrices en fonte sur lesquelles on lit : *Danger de mort à toucher les fils.*

Parafoudres. — Au départ et à l'arrivée de chaque ligne aérienne et sur quelques points de leur trajet sont placés des parafoudres Siemens à extinction automatique, connus sous le nom de parafoudres à cornes.

IV. — *Utilisation de la force électrique.*

1° Lignes à moyenne tension.

Les lignes à moyenne tension (600 volts) alimentent 5 moteurs asynchrones qui actionnent un ventilateur, un treuil souterrain, deux pompes souterraines et la pompe centrifuge qui fait circuler l'eau des condenseurs au réfrigérant.

Ventilateur. — Un moteur de 25 chevaux, mis en marche en novembre 1899, donne le mouvement à un ventilateur Rateau situé à Palmesalade, à 1.800 mètres de la station, qui débite 20 mètres cubes d'air par seconde, sous une dépression de 50 millimètres d'eau.

La vitesse des moteurs à champ tournant étant constante, la dépression engendrée par le ventilateur demeure invariable. Le débit du ventilateur est donc exactement proportionnel à son travail.

Comme le voltage est constant, le travail du moteur et par suite le débit du ventilateur sont mesurés par les ampères qu'il absorbe. Par conséquent on peut, de la station, en regardant l'ampèremètre, surveiller la ventilation de la mine et se rendre compte des perturbations apportées dans l'aérage par l'ouverture intempestive des portes de distribution du courant d'air, par l'obstruction momentanée de certaines galeries, etc.

L'ampèremètre enregistreur que nous nous proposons d'installer sera donc un véritable enregistreur du débit du ventilateur.

Treuil souterrain. — Ce treuil remonte, le long d'un plan incliné de 500 mètres de longueur et pourvu de 3 accrochages, un convoi composé de 5 wagons pleins qui pèsent chacun 1.500 kilogs.

La pente du plan est de 30 centimètres par mètre et la vitesse du convoi est de 3 mètres par seconde.

Les deux tambours ont 1^m,600 de diamètre et l'un d'eux peut être rendu fou à volonté pour permettre le réglage des câbles.

Le frein est à serrage automatique par un contrepoids, et desserrage par une pédale.

Un indicateur de la position du convoi dans le plan permet de ralentir et d'arrêter en temps opportun.

Le treuil est actionné par un moteur de 125 chevaux

qui tourne, en marche normale, à la vitesse de 370 tours par minute.

La transmission du mouvement, de l'arbre du moteur à celui des tambours, est faite par un double harnais d'engrenage. Le premier harnais se compose d'un pignon en fonte, divisé et taillé à la machine, et d'un engrenage en fonte, denté en bois ; le second harnais a simplement une denture à chevrons non taillée.

Le courant, venant de la station, est envoyé au moteur par l'intermédiaire d'un interrupteur baigné dans l'huile, qui établit à volonté la marche dans un sens ou dans l'autre.

Comme on risquerait de brûler le moteur en y admettant par inadvertance le courant pendant l'arrêt, l'interrupteur est enclenché à la pédale du frein de telle façon que le serrage du frein est forcément précédé de l'interruption du courant et que l'admission du courant est forcément précédée du desserrage du frein.

L'appareil de démarrage est un rhéostat liquide dont le bain est une dissolution très diluée de carbonate de soude dans l'eau, au dosage de 3 grammes par litre.

Les fréquents démarrages du treuil et les manœuvres de recettes ne tarderaient pas à échauffer d'une façon excessive la température du liquide, si l'on n'avait pris la précaution d'établir une circulation entre les cuves du rhéostat et un réservoir suffisamment vaste, où le liquide trop chaud va se refroidir.

Un seul volant de manœuvre commande successivement l'interrupteur et l'appareil de démarrage.

Au départ, le mécanicien, appuyant le pied sur la pédale, tourne le volant dans le sens de la marche voulue ; l'interrupteur entre aussitôt en action et envoie le courant au moteur dans le sens convenable.

En continuant la rotation du volant, le mécanicien

détermine le fonctionnement de l'appareil de démarrage, dont la résistance diminue progressivement. Le moteur démarre ainsi graduellement. Lorsque la vitesse normale est atteinte, le mécanicien pousse la rotation du volant jusqu'à fond et supprime ainsi toute résistance.

A l'arrivée, la rotation du volant en sens inverse détermine d'abord l'introduction de résistances croissantes, qui amènent un ralentissement progressif, puis enfin l'interruption du courant, qui provoque l'arrêt.

La manœuvre d'un treuil électrique de 125 chevaux, qui est véritablement une petite machine d'extraction, est donc extrêmement simple ; sa docilité est au moins aussi grande que celle d'un treuil à vapeur ou à air comprimé. On peut à volonté ralentir, accélérer, avancer, reculer et imprimer aux tambours les petits déplacements qui sont nécessaires pour l'exactitude des manœuvres aux recettes.

Avant la mise en marche du treuil, on pouvait craindre son impuissance à démarrer en pleine pente et à pleine charge et la réaction fâcheuse de ses démarrages sur la régularité de marche des autres moteurs. Mais l'expérience a démontré que ces appréhensions étaient complètement vaines.

Ce treuil, mis en service à la fin de février 1900, nous a donné jusqu'à ce jour entière satisfaction.

Il absorbe en pleine marche de 85 à 90 ampères à 600 volts ; au démarrage, l'aiguille de l'ampèremètre monte pendant quelques instants jusqu'à 200 ampères.

Pompe principale. — Cette pompe, construite dans les ateliers Pinette, élève 100 mètres cubes d'eau par heure à une hauteur de 200 mètres.

Elle comprend 3 corps de pompe de forme elliptique et 3 plongeurs de 175 de diamètre et 350 de course,

qui sont commandés par un arbre triplement coudé, qui fait 70 tours par minute.

Un compresseur d'air automatique, placé sur le côté de la pompe, assure le remplissage du réservoir d'air de refoulement.

Ce réservoir d'air porte un manomètre et un robinet de vidange pour la colonne.

La transmission du mouvement, de l'arbre du moteur à celui de la pompe, est faite par un simple harnais d'engrenage qui comprend un pignon en fonte divisé et taillé à la machine, et un engrenage en fonte avec denture en bois.

Le moteur de la pompe est un moteur de 125 chevaux qui fait 370 tours par minute.

Ce moteur est semblable à celui du treuil. Il possède un rhéostat liquide et un interrupteur dans l'huile, qui sont mis en action, comme dans le cas du treuil, par un seul levier de manœuvre qui commande successivement l'interrupteur, puis le rhéostat.

L'arbre du moteur est muni d'un appareil qui permet de mettre les bagues en court-circuit et de relever les balais une fois que le moteur marche à sa vitesse normale.

Le moteur de la pompe absorbe 100 ampères à 600 volts. Le démarrage se fait très aisément parce qu'on a la précaution de vider préalablement la colonne de refoulement.

Cette pompe, mise en service au commencement de novembre 1899, a eu jusqu'à ce jour un fonctionnement très régulier. Bien que l'allure de la pompe soit rapide, le mouvement des plongeurs et des clapets se fait sans le moindre bruit. Nous attribuons cette bonne marche à la bonne construction de la pompe et aussi à cette circonstance qu'elle puise l'eau en

charge dans un réservoir situé à 5 mètres au-dessus d'elle.

Pompe secondaire. — Cette pompe, située au fond d'une exploitation en vallée et à 800 mètres de la station, élève 30 mètres cubes d'eau par heure, à une hauteur de 100 mètres, dans une conduite de refoulement de 500 mètres de longueur.

Elle fait 100 tours par minute et est actionnée par un moteur de 35 chevaux qui fait 960 tours.

La transmission du mouvement est faite par un double harnais d'engrenage. Le pignon calé sur le moteur est en cuir.

Cette pompe, mise en service au commencement de 1900, consomme 35 ampères à 550 volts.

Le treuil, la pompe principale et la pompe secondaire sont enfermés dans des salles murillées et bien aérées, que des grilles en fer, fermées à clef, rendent inaccessibles aux ouvriers étrangers au service des appareils.

Le treuil et la pompe principale sont situés à côté du puits d'entrée d'air ; la pompe secondaire est installée au fond d'un grand plan incliné, entièrement murillé, qui forme en quelque sorte le prolongement de ce puits.

2° Lignes à haute tension.

De la station partent deux lignes aériennes à 5.000 volts qui ont, l'une 5.000 mètres et l'autre 2.000 mètres de longueur.

Les courants, envoyés par la première et transformés à 600 volts, alimenteront :

1° un moteur de 150 chevaux, qui donnera le mouvement à une pompe électrique souterraine, située au fond du puits de la Forêt.

Cette pompe, dont nous faisons actuellement le mon-

tage, élèvera 90 mètres d'eau par heure à 250 mètres de hauteur.

2° Deux moteurs de 75 chevaux qui feront tourner deux ventilateurs Ser, montés en tandem et installés sur le puits d'aérage du Pontil.

Ces ventilateurs reçoivent actuellement leur mouvement de deux mauvaises machines à vapeur qui seront conservées comme moteurs de réserve. A cet effet, l'arbre de chaque ventilateur portera deux poulies, l'une à droite du ventilateur et l'autre à gauche. Celle de droite servira à la conduite du ventilateur par le moteur électrique et celle de gauche à sa commande par le moteur à vapeur.

La deuxième ligne à 5.000 volts conduira les courants à l'entrée du village de Champclauson, qui est situé à 2.000 mètres de la station.

Là, ils seront transformés à 120 volts et alimenteront :

1° Un moteur de 25 chevaux qui donnera le mouvement à un ventilateur, dont la machine à vapeur sera conservée comme moteur de réserve.

2° 4 petits moteurs de 5 chevaux qui feront marcher un petit atelier de criblage et de lavage.

3° L'éclairage de cet atelier.

Conclusion. — Actuellement, un seul alternateur alimente simultanément tous les moteurs situés sur les lignes à 600 volts, savoir : le ventilateur de Palmesalade, le treuil électrique, la pompe principale, la pompe secondaire et la pompe centrifuge du réfrigérant.

Quand l'installation des moteurs électriques, alimentés par les lignes à haute tension, sera terminée, l'utilisation de la station génératrice sera complète. Alors, le service des machines sera établi de la façon suivante :

1° De 4 heures du matin à 8 heures du soir, les deux alternateurs marcheront accouplés et donneront le mouvement à tous les moteurs. Toutefois, les deux pompes électriques de 125 chevaux et de 150 chevaux seront mises en marche successivement ; la première en effet accomplit son service journalier en 8 heures, et la deuxième en 6 heures.

2° De 8 heures du soir à 4 heures du matin un seul alternateur marchera, en faisant tourner les 4 ventilateurs.

Ainsi, tous les deux jours, chaque machine aura 8 heures de repos, pendant lesquelles on pourra s'occuper de son entretien.

Tout le matériel électrique des installations que nous venons de décrire sommairement, a été fourni par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

Leur montage et leur mise en marche ont été faits sans le moindre accident, sous la direction de M. Colin, ingénieur mécanicien de la Compagnie de la Grand' Combe et de M. Lavigne, ingénieur chargé de nos installations électriques, qui ont fait preuve de la plus louable habileté.

2° PARTIE.

HAVEUSES ET PERFORATRICES MÉCANIQUES

M. le Président fait connaître que les communications qui viennent d'être présentées épuisent la première partie de l'ordre du jour de la séance. La seconde partie, qui va être abordée, concerne les appareils propres à réduire la main-d'œuvre dans les mines, notamment les haveuses et perforatrices.

M. BACHELLERY résume son rapport, déjà distribué aux membres du Congrès, sur les *haveuses mécaniques employées dans les houillères des Etats-Unis*.

Essais de havage mécanique en France.

Par M. Paul FAYOL,
Directeur des Mines de Brassac.

M. Paul FAYOL. — On sait qu'en Amérique l'usage des haveuses dans les houillères est aujourd'hui assez répandu.

En France, tous les essais de havage mécanique paraissent avoir échoué, car nulle part ce procédé n'est actuellement usité d'une manière courante dans notre pays.

La différence de ces résultats s'explique par des causes multiples dont les principales sont qu'en Amérique les gisements présentent en général plus de régularité, plus de solidité des terrains, avec une main-d'œuvre plus rare.

C'est à Blanzky que la solution du problème a été poursuivie avec le plus de persévérance. Diverses machines ont été essayées. Longtemps on a espéré que la haveuse américaine à disque denté — sorte de scie circulaire — deviendrait pratique; on y a cependant renoncé.

Récemment, les mines de Bruay ont mis en service la haveuse américaine à chaîne; les résultats obtenus jusqu'ici ne sont pas encore satisfaisants.

Nous avons aussi cherché, à diverses reprises, à Commentry, à faire le havage mécanique dans la houille.

Ces essais, qui n'avaient point abouti, viennent d'être repris en vue du gisement de Decazeville, dont le charbon est très dur et renferme des barres de schistes ainsi que de nombreux nodules de minerai de fer.

Si l'on n'avait affaire qu'à de la houille pure, même très dure, la question du havage proprement dit serait depuis longtemps résolue, car la plupart des machines essayées ont très bien coupé le charbon. Mais elles ont échoué par suite des exigences du soutènement et des impuretés renfermées dans la houille.

HAVEUSE A FAUX DENTÉE

La haveuse que nous exposons nous paraît répondre aux exigences de la question. Son outil peut rencontrer, sans se détériorer, des nodules de minerai dur ; si ces nodules sont petits, l'outil les traverse ; s'ils sont gros, il les tourne. Les dimensions de la machine sont assez réduites pour ne pas trop compliquer le boisage des chantiers. Enfin, le calage du havage peut se faire d'assez près pour empêcher les éboulements pendant le travail.

L'outil qui caractérise particulièrement cette machine est une lame arquée et dentée animée d'un mouvement analogue à celui d'une faux.

Le croquis ci-joint (PL. XVI, FIG. 1) montre en plan la disposition générale de la haveuse, avec l'outil et son fonctionnement dans un front de taille de défilage.

Le mouvement de faux est obtenu de la façon suivante : le moteur à air comprimé actionne un arbre vertical portant un pignon ; ce pignon commande deux roues d'engrenage montées sur des arbres verticaux à manivelles. Ces manivelles tournent dans le même sens et sont reliées par une bielle d'accouplement analogue à celle des locomotives. L'outil est monté sur cette bielle.

Chaque dent de l'outil décrit une circonférence de même rayon que celui des manivelles ; les dents travaillent successivement les unes après les autres,

chacune n'agissant que sur une petite partie de la rainure, indiquée par de petits arcs.

On peut donner à la lame des formes diverses avec une ou plusieurs courbures. Les dents d'une même courbure doivent avoir la même largeur, mais elles peuvent être de largeurs différentes d'une courbure à l'autre.

Nous avons adopté un outil à deux courbures pour faire un havage de 1^m,30 de profondeur, avec une largeur de 6 centimètres à l'entrée et de 4 centimètres au fond.

La haveuse est montée sur chariot pouvant circuler sur les voies de mine.

Lorsqu'elle est en fonctionnement, on substitue aux quatre roues quatre patins de glissement, pour lui donner plus de stabilité.

Le mouvement de translation est obtenu automatiquement par la traction sur une chaîne fixée à l'extrémité du chantier.

Pour faire l'entrée de l'outil dans le massif, on fait tourner la haveuse à la façon d'une grue autour d'un pivot monté sur le chariot.

La rainure se fait à la hauteur de 0^m,35 au-dessus de la voie.

Les dimensions extérieures de la machine sont : longueur 1^m,60, largeur 0^m,80, hauteur 1^m,15.

Son poids est de 1.800 kilos.

Le moteur, de la force de 10 chevaux, marche normalement à 300 tours pour 60 révolutions de l'outil par minute.

La rainure avance de 1 à 3 millimètres par révolution, suivant la dureté du massif.

Dans le charbon dur, le havage marche à raison de 6 mètres à l'heure pour une profondeur de 1^m,30.

L'outil peut franchir 0^m,40 à 0^m,50 de schiste et 4 à

5 centimètres de minerai de fer extra-dur sans se détériorer.

Ces résultats ont été obtenus en carrière.

Nous devons prochainement essayer cette havcuse dans l'intérieur de la mine de Decazeville.

**Procédés de perforation, employés
pour le creusement de la galerie de Gardanne
à la mer.**

Par M. DOMAGE,

Directeur de la Société Nouvelle de Charbonnages des Bouches-du-Rhône

M. M. DOMAGE. — Jamais plus qu'à l'heure actuelle on n'a apprécié la valeur du temps; c'est pourquoi je me suis attaché à rendre cette note aussi brève que possible et pourquoi aussi j'ai cru devoir vous entretenir des procédés de perforation que nous avons employés pour le creusement de notre grande galerie de Gardanne à la mer (15 kilomètres), désirant vous indiquer les résultats obtenus dans l'espèce, puis en déduire un desideratum quant à l'outil à trouver pour obtenir le maximum d'avancement dans un semblable travail.

J'admettrai que le travail de perforation ne doit pas être entravé par des sujétions particulières, l'eau par exemple, le terrain ne donnant que quelques gouttières et ne demandant pas de soutènement immédiat.

Je laisse de côté toute discussion générale sur la meilleure source d'énergie à employer (air comprimé, eau sous pression, électricité), de même que sur les divers types d'outils à rotation ou à percussion. Je considère cette note comme une simple leçon de choses où j'ai rapporté consciencieusement les faits observés dans un travail vécu. J'estime que c'est à l'aide de communications semblables, faites avec probité, que

chacun pourra, dans chaque cas particulier, déterminer quelle est la meilleure source d'énergie et quel est le meilleur outil à employer.

TRAVAIL DANS LE TERTIAIRE

La coupe rapportée sur la planche donne la nature des terrains que nous avons à traverser et je rappellerai que le travail de perforation pouvant être poussé à la fois par la Madrague, origine de la galerie sur le bord de la mer à Marseille, et du côté de Gardanne, à la base d'un puits (puits Ernest Biver, ainsi nommé en souvenir de mon éminent prédécesseur qui a conçu le projet du creusement de la galerie), nous avons à traverser :

Du côté de la Madrague.

1° Un peu plus de 2 kilomètres de tertiaire composé d'argile, de safre (grès) et de quelques lentilles de poudingue ;

2° Des roches calcaires de l'urgonien, de l'hauterivien et de la partie supérieure du terrain jurassique (Dolomies, etc.).

Du côté de Gardanne.

Les calcaires marneux du fuvelien, du bégudien, etc.

Nous ne nous occuperons que de la première partie (côté Madrague), les roches marneuses, côté Gardanne, pouvant être sensiblement assimilées, bien qu'elles soient un peu plus consistantes, aux terrains du tertiaire au point de vue de la perforation.

La galerie dans le tertiaire a dû être murillée sur toute sa longueur. Elle a une forme ovale dans sa partie supérieure.

Ses dimensions sont :

2 mètres 28 de hauteur sous clé au-dessus du plancher du roulage.

2 mètres 20 de largeur à mi-hauteur.

Sa section est de 4 mètres carrés 50.

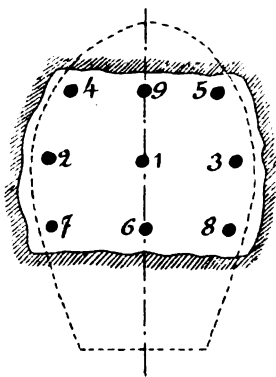
Elle est pourvue sous le plancher de roulage et en son milieu d'une cunette de 1 mètre 30 de largeur et 1 mètre 10 de hauteur.

Nous avons adopté dans le tertiaire, sauf au passage accidentel des lentilles de poudingue, où nous employons la masse-couple, le perforateur à main Berthet.

Nous travaillions par postes de huit heures et faisons trois postes par journée de 24 heures, les ouvriers se relevant au chantier.

A chaque poste, trois hommes à l'avancement se servant chacun d'une perforatrice, plus un chef de chantier les aidant, mais sans se servir de cet outil.

Après chaque volée, quatre manœuvres aidaient les mineurs à détourner les déblais les plus proches du front de taille, puis chargeaient les déblais pendant que les mineurs reprenaient le travail du percement des trous, après avoir mis en station les affûts des perforatrices.



Les trous de mine, au nombre de neuf, étaient disposés comme l'indique le dessin ci-dessus :

3 par 3 dans des plans verticaux et parallèles normaux au front de taille. On les poussait à une profondeur de 0^m,80 à 0^m,90, et on tâchait de faire que les fonds des neuf trous se trouvassent dans un même plan vertical normal à la galerie.

Les coups étaient tirés dans l'ordre des numéros du croquis.

Le tirage des coups de mine se faisait, d'abord, au moyen d'une machine électrique composée de 22 éléments au bichromate de potasse accouplés en tension; puis nous avons renoncé à cette manière d'opérer, après avoir reconnu que les coups laissaient moins de culots lorsque nous faisions exploser d'abord les trois coups du centre et ensuite ceux de la périphérie.

Je citerai l'avancement fait entre les points 1.500 et 2.500 :

Avancement journalier moyen (muraillement compris).....	4 ^m ,902
Avancement journalier minimum (février. Traversé beaucoup de poudingue).....	3 ^m ,590
Avancement journalier maximum (Mai. Mois où on n'a pas eu à traverser de poudingue)....	6 ^m ,25

La rapidité de l'avancement peut être attribuée à trois causes principales :

L'emploi des perforateurs à main Berthet ;

L'emploi de la dynamite gomme à forte dose.

Le mode de paiement des ouvriers, dont le salaire se composait d'une journée fixe pour un avancement donné, avec prime progressive au delà de cet avancement.

Dans le mois où nous avons obtenu un avancement de 6^m,25 par 24 heures ou 2^m,08 par poste, on faisait

3 volées dans un poste ; la volée durerait 2 h. 40 et les diverses parties du travail se répartissaient ainsi :

Mise en batterie (pose des buttées et bois transversaux).....	» h. 10'
Perforation des 9 mines de 0 ^m ,80 à 0 ^m ,90 de profondeur.....	1 h. »
Chargement et tir.....	» 15'
Evacuation des fumées.....	» 25'
Retroussement des déblais au front de taille.....	» 50'
	2 h. 40'

Le prix de revient du mètre d'avancement pour le travail au chantier, jusques et y compris le chargement des déblais dans les wagonnets et le roulage à une centaine de mètres, a été le suivant, dans le cas précité d'un avancement de 2^m,08 par poste :

Main-d'œuvre {	Mineurs.....	17 95
	Manœuvres.....	8 98
Explosifs et accessoires.....		26 78
Entretien outillage.....		1 53
		55 24

Je tiens à faire remarquer que l'avancement journalier considérable (6^m,25), soit 2^m,08 en huit heures, obtenu dans le tertiaire avec le petit appareil à main Berthet, dans un mois où nous n'avions pas eu à traverser de poudingue, et que l'on peut considérer à peu près comme une limite supérieure dans le tertiaire, pourra être obtenu dans n'importe quel terrain le jour où on aura trouvé :

1° L'outil permettant de forer les trous aussi rapidement que nous le faisons à la main dans le tertiaire avec le Berthet ;

2° Le moyen de reprendre la perforation presque immédiatement après le tirage des coups de mine, en laissant à des manœuvres l'office du déblayage, les mineurs revenant à la perforation après l'évacuation des fumées et après avoir retroussé les déblais projetés à proximité du front de la galerie.

Si on remarque que l'avancement obtenu dans le creusement des trous dans le tertiaire, avec le perforateur Berthet, était cependant inférieur à 5 centimètres par minute, il ne paraît pas impossible de trouver des perforateurs, mus ou électriquement, ou par l'air comprimé, ou par l'eau sous pression, capables de creuser 5 centimètres et plus de trou en une minute dans n'importe quelle roche par la rotation ou la percussion.

TRAVAIL DANS LES ROCHES CALCAIRES

Quand nous sommes sortis du tertiaire et que nous nous sommes trouvés en présence du calcaire de l'urgonien (calcaire à chama), nous avons en même temps rencontré des sources qui, renfermées derrière des cuvelages, nous ont fourni en abondance de l'eau jaillissant sous une pression d'environ 8 kilos.

Dès lors, il semblait possible, en utilisant cette source d'énergie, de réaliser pour la perforation dans le calcaire un programme semblable à celui que je viens d'esquisser :

Une perforatrice en batterie, une dynamo mobile sur le côté de la galerie, un flexible entre la dynamo et la perforatrice, tel était l'appareil suffisamment simple que je voyais au front de taille.

J'avais employé, autrefois, la perforatrice Bornet, à Carmaux, et je la savais capable d'un bon travail dans une roche homogène, comme le calcaire de dureté

moyenne, et ne contenant pas des éléments durs comme des cailloux de quartz, de la pyrite, etc., le bon acier devait suffire pour le creusement des trous.

Des expériences poursuivies dans la galerie, dès 1894, par MM. Rocour, représentant de la maison Bornet ; Dubs, ingénieur-électricien, attaché à la Société des Tramways de Marseille ; Long, ingénieur de la galerie, et moi, dans un moment où nous disposions d'une petite installation électrique, nous prouvaient que l'on pouvait, avec la perforatrice Bornet, mue électriquement, percer, en une minute, un trou de 10 centimètres de profondeur, dans une roche comme le calcaire à chama de l'urgonien (la roche de la Montagne de Notre-Dame de la Garde à Marseille). Seulement, comme la roche était humide, et que la boue produite dans le forage empâtait la mèche hélicoïdale et rendait le travail plus difficile, nous pensâmes à remplacer ces mèches hélicoïdales par des fleurets ronds à trou central, par lequel on pourrait constamment injecter de l'eau au fond du trou de mine, ainsi que cela se fait dans le sondage par le procédé Fauvel.

MM. Dubs et Rocour, poursuivant en grand l'expérience commencée au tunnel de la Société de Charbonnages, firent, en 1894, une installation de perforation électrique dans un grand tunnel du réseau des égouts en voie de creusement à Marseille. Un chariot, amené devant le front de taille, portait les perforatrices mues par une dynamo faisant corps avec elles.

Le courant électrique était continu.

C'est au cours d'une visite à cette installation, que M. Dubs me fit part de ses idées pour une combinaison bien supérieure à établir pour la perforation électrique dans la galerie de la mer, par courants triphasés, en séparant les perforatrices d'avec les dynamos et en actionnant les unes par les autres au moyen de tiges

extensibles. Cette installation, essentiellement robuste, devait d'ailleurs permettre de porter le courant à très longue distance — au besoin 6 kilomètres du point où serait placée la dynamo génératrice — sans que la transmission de ce courant fût gênée par l'humidité devant régner dans la galerie.

Bien que les courants triphasés fussent encore peu utilisés, M. Dubs assurait qu'ils offriraient sur les courants continus de très sérieux avantages :

Grande simplicité des appareils générateurs et moteurs, notamment absence complète de collecteurs et de balais dans les moteurs ; transformation extrêmement facile du courant triphasé au moyen de transformateurs statiques de dimensions très réduites, simples et robustes, à l'encontre de ceux nécessaires pour la transformation des courants continus qui sont coûteux, délicats et encombrants.

Enfin, particularité très précieuse dans notre cas, consistant en ce que la vitesse du moteur triphasé, qui ne dépend que de la fréquence du courant et du nombre de pôles du moteur, est sensiblement constante — d'où cette conséquence que, sous une charge supérieure, il n'y a pas ralentissement, mais arrêt brusque.

Or, la nature du travail des perforatrices comporte des variations considérables du couple résistant — coincement du fleuret, rupture du taillant, etc., et le couple peut dépasser trois à quatre fois sa valeur normale. Dans un pareil cas, le moteur triphasé refusera tout simplement de continuer son travail ; il s'arrêtera brusquement, l'ouvrier averti interrompra le courant et le moteur ne souffrira nullement.

Le moteur à courant continu, au contraire, peut fonctionner sous des marches très variables, dépassant deux ou trois fois la valeur normale. Tout se traduira

par un ralentissement, mais comme l'ouvrier n'est pas toujours juge de la limite de charge compatible avec la sécurité du moteur, ce dernier est exposé à être détérioré rapidement par un échauffement excessif.

A l'époque où cette installation fut décidée, la perforation électrique était peu répandue.

On connaissait la Van Depoele surtout par les journaux ; j'avais prié un ingénieur de me faire connaître tout ce qui avait été exposé à Chicago, mais il n'avait vu aucun appareil pratique.

Après un voyage en Angleterre où j'accompagnais un de nos administrateurs, M. Gérard, et où nous vîmes une perforatrice Steavenson mue par l'air comprimé, la vapeur et l'eau sous pression, fonctionnant dans une mine de minerai de fer ; après avoir vu fonctionner, à Charleroi, la perforatrice à percussion de M. Dulait, outil qui a fait ses preuves à Privas (Ardèche), je fis partager à mon Conseil ma conviction que M. Dubs nous offrait une installation équivalente, sinon supérieure, à tout ce qui nous était proposé. Nous comptons, de plus, dans le courant du travail, sur le concours de M. Dubs.

M. Dubs se mit donc à l'œuvre en octobre 1895 et nous étions en mesure d'essayer les appareils en place, en janvier 1896.

Les appareils fonctionnent depuis cette époque et je me plais à dire qu'ils nous ont donné toute satisfaction ; le programme tracé par M. Dubs a été par lui réalisé.

Notre installation comprend :

Une turbine à action directe (type Pelton) actionnée par l'eau prise sous les cuvelages à la pression de 8 kilos environ, accouplée directement à une dynamo génératrice à courants triphasés, sortant des ateliers d'Oerlikon, avec excitatrice et tableau d'appareils, une ligne de conducteurs en fils de cuivre nus, un chariot portant

trois perforatrices avec leurs moteurs et les accessoires nécessaires.

La turbine est à action directe avec régulateur automatique de vitesse.

La dynamo génératrice, du système triphasé, est munie d'une excitatrice. Elle est capable d'absorber 50 chevaux, à la vitesse de 600 tours et de fournir une énergie électrique de 33.000 watts à une tension simple de 110 à 120 volts sur chacune des trois branches du circuit.

La ligne de conducteurs se compose de trois fils de cuivre nus, recuits, de 8 ^m/m de diamètre et de haute conductibilité, avec isolateurs au toit de la galerie.

Avec une perte maxima de tension de 20 %, ces conducteurs permettent d'actionner le chariot jusqu'à une distance de 1.800 mètres de la station génératrice, sans l'emploi de transformateur.

Le chariot des perforatrices est établi pour une galerie de 2^m,40 de largeur sur 2^m,20 de hauteur et pour une voie de 526 ^m/m d'écartement entre rails. Il porte trois perforatrices rotatives avec leurs moteurs triphasés de trois chevaux chacun, agissant par l'intermédiaire d'engrenage et de tiges extensibles à joints universels.

Les perforatrices ont une course de 1.100 ^m/m et permettent de forer des trous jusqu'à 45 ^m/m de diamètre, à n'importe quelle place du front de taille et jusqu'à 10 centimètres au plus des parois.

Les perforatrices sont munies de fleurets creux à injection d'eau.

L'installation comprenait encore :

Une petite pompe pour l'injection de l'eau dans les fleurets; nous l'avons remplacée par un tuyau prenant l'eau sous pression sur un cuvelage ;

Et un ventilateur, pour chasser les fumées après le tirage des coups de mine, reconnu inutile.

MM. Dubs et Rocour garantissaient :

1° Pour la turbine, une puissance de 50 chevaux effectifs sur l'arbre, avec une pression d'eau de 6 à 7 kilos à l'admission et avec un débit d'eau de 75 à 85 litres par seconde, à la vitesse de 600 tours par minute, et une variation de vitesse de zéro à pleine charge ne dépassant pas 5 % ;

2° Pour la dynamo génératrice, une énergie électrique de 33.000 watts à 600 tours et 110 à 120 volts dans chaque circuit, avec une puissance sur l'arbre de 50 chevaux effectifs, sans échauffement anormal en service continu, et, à moins de projection directe d'eau sur la dynamo, la possibilité pour celle-ci de supporter sans danger l'humidité de la galerie ;

3° Pour les conducteurs, l'absence de danger au contact accidentel par les hommes, une perte de tension ne dépassant pas 20 % pour une distance maxima de 1.800 mètres sans emploi de transformateur et, au-delà de 1.800 mètres jusqu'à 6 kilomètres, au moyen de transformateur ;

4° Pour le chariot et les perforatrices, une vitesse de perforation effective, dans le calcaire dur et compact de la galerie, de 9 à 10 centimètres à la minute en moyenne et pour chacune des trois perforatrices forant des trous de 45 millimètres de diamètre, même dans le cas où trois chariots de 3 perforatrices chacun fonctionneraient simultanément.

MM. Dubs et Rocour garantissaient en outre, qu'avec un seul chariot de trois perforatrices en action, il resterait sur la dynamo génératrice une énergie électrique disponible d'au moins 22.000 watts, soit d'environ 33 chevaux sur l'arbre de la turbine, énergie pouvant servir pour la traction électrique des wagonnets de déblais au moyen d'une petite locomotive électrique.

Un expert, agissant pour le compte de la Compagnie de Charbonnages, a reconnu, par un contrôle et des expériences faites à diverses époques, que ce programme, relatif à la perforation électrique, avait été parfaitement rempli.

Nous avons employé l'eau sous pression comme force motrice, et comme elle ne nous coûtait rien, cela nous dispensait de rechercher si un autre système pourrait être plus économique au point de vue de la force motrice. Je ne le crois pas d'ailleurs, car le forage des trous de mine par rotation consomme, on le sait, moins de travail que la perforation par percussion.

Je ne décrirai pas ces divers appareils.

On trouvera leur description dans ma *Notice sur la construction d'une galerie souterraine destinée à relier la concession des mines de lignite de Gardanne à la mer* (Annales des Mines, livraisons de Septembre, Octobre, Novembre 1899).

Les essais entrepris à Mazargues nous avaient permis de constater la possibilité de donner au fleuret, dans le calcaire dur et compact de l'urgonien, une vitesse d'environ 50 tours par minute et un avancement de 2 millimètres par tour, à la condition d'assurer d'une façon efficace le refroidissement du taillant au moyen de l'eau d'injection.

La dynamo a donc été établie pour une vitesse de 600 tours à la minute et, au moyen de jeux d'engrenages, celle des moteurs, pour une puissance effective de 3 chevaux, 1.450 tours et la perforatrice, 53 tours.

D'après cela, le pas de la vis d'avancement du fleuret se trouve être de 10 centimètres 6 à la minute et, grâce à un dispositif spécial, sa sortie du trou s'effectue avec une vitesse double.

Le modèle de perforatrice Bornet employé à la galerie de la mer a une course de 1^m,10 environ,

ce qui permet de faire, sans changement de fleuret, des trous de 1^m,10 de profondeur, si l'acier est de qualité suffisante, et de 32 à 38 millimètres et même de 45 à 50 millimètres de diamètre.

Les dimensions de la galerie dans le calcaire sont de 2^m,40 de largeur et de 2^m,20 de hauteur, avec une rigole de 40 sur 50 centimètres.

Ce supposé, je vais donner quelques renseignements sur notre méthode de travail et sur les résultats obtenus.

Les hommes travaillaient pendant huit heures et se relevaient au chantier.

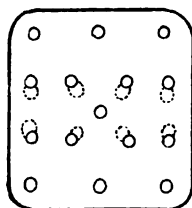
Chaque poste se composait : d'un chef mineur, de quatre mineurs pour la perforation, de deux mineurs travaillant à la rigole et de deux manœuvres.

L'emplacement de la direction des trous de mine était désigné par le chef mineur, et pendant la perforation quatre hommes étaient occupés à la machine. Le déblayage occupait six hommes ; les deux hommes restant étaient employés au graissage et au nettoyage des machines.

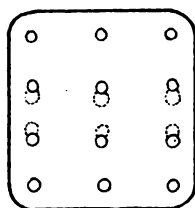
Il y avait donc 27 hommes par jour de 24 heures à l'avancement.

Nous donnons ci-dessous la disposition des 15 trous de 0^m,038 de diamètre, qu'il est nécessaire de percer dans le front de taille, lorsque la roche est très dure ; et, de même, la disposition des douze trous à percer dans le front de taille lorsque la roche est peu dure. On allume les étoupilles de tous les coups à la fois,

15 Trous.



12 Trous.



laissant moins longues les étoupilles des trous du centre que celles de la périphérie, pour que les mines du centre explosent les premières, dégageant les coups de la périphérie.

Depuis le 1^{er} janvier 1898, le nombre de trous par volée a varié entre dix et quatorze; la profondeur des trous entre 1^m,08 et 1^m,30 et les culots laissés au fond des trous de mine ont varié entre 0^m,06 et 0^m,15.

Nous avons rencontré des calcaires de duretés différentes : des calcaires à chama dans l'urgonien, des calcaires dolomitiques, des calcaires marneux dans l'hauterivien et des calcaires dolomitiques dans le jurassique.

Dans l'urgonien, les perforatrices portaient des mèches de 35 millimètres et foraient des trous de 45 millimètres de diamètre, marchant à leur vitesse normale de 53 tours et demi par minute; on a même pu atteindre la vitesse de 65 tours.

Dans les calcaires dolomitiques, les mèches s'usaient rapidement et calaient souvent leurs moteurs électriques.

Pour obvier à ces inconvénients, nous avons dû alors remplacer les forets de 35 millimètres par des forets de 28 à 30 millimètres et diminuer de $\frac{1}{3}$ la vitesse de rotation des perforatrices, en augmentant le diamètre de l'engrenage calé sur le fourreau porte-outil, sans augmenter celui du pignon qui le commande, et employer de l'acier chromé fourni par la Société des Forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons.

Désireux de diminuer le nombre de trous par volée, nous avons essayé aussi de nous servir de taillants donnant des trous de 60 millimètres de diamètre; mais les moteurs devenaient insuffisants, dès que les taillants étaient un peu usés.

En 1898, dans le calcaire de l'hauterivien, nous avons travaillé pendant 204 jours $\frac{1}{3}$ à la perforation méca-

nique et fait un avancement de 1.054 m. 58 dans ce laps de temps; ce qui correspond à un avancement quotidien moyen de 5 m. 16.

Lorsque nous n'avons été gênés par aucune difficulté extérieure (eau, etc.), nous avons pu obtenir, comme en juin 1898, dans du terrain sec et du calcaire de dureté moyenne, un avancement quotidien moyen de 5^m,70 par jour de travail; on a même obtenu, le 5 juin, un avancement de 6^m,70. Malgré quelques repos réduisant le nombre de jours de travail à vingt-six, nous avons fait 148 mètres d'avancement dans le mois.

Le travail à main, à la masse couple, ou avec les perforatrices Berthet, n'a jamais donné plus de 2^m,40 en moyenne par vingt-quatre heures, dans les mêmes roches.

Voici le temps employé, en juin 1898, pour une volée :

Mise en batterie.....	0 h. 25'
Perforation.....	2 —
Chargement et tir.....	0 — 20'
Evacuation des fumées.....	0 — 15'
Déblayage.....	1 —
Total.....	4 h.

On faisait donc deux volées par poste de huit heures correspondant à 6 mètres par vingt-quatre heures environ.

Comme on le voit, le déblayage prend le quart du temps employé par volée. On a donc intérêt à le réduire.

Nous n'avons obtenu des hommes une pareille intensité de travail qu'en les intéressant à l'avancement par une prime progressive.

Le mode de paiement est le suivant : le chef mineur a une journée fixe de 5 fr. 20; les mineurs ont une journée fixe de 3 fr. 50.

En sus de cette journée, les uns et les autres touchent une prime progressive basée sur l'avancement fait dans chaque poste et dépassant une longueur fixe et représentative de la tâche pour la journée de 3^m,50.

Le prix de revient, dans le mois de juin 1898, où nous avons obtenu un avancement de 5^m,70 par 24 heures, a été de :

Nombre d'hommes à l'avancement : 8.

DÉSIGNATION DES TRAVAUX	MAIN-D'ŒUVRE	FOURNITURES	TOTAL
Perforation électrique à l'avancement et rigole.....	33.836	34.246	67.632
Régularisation de la rigole...	1.070	1.064	2.134
Conduite, station génératrice.	1.337	»	1.337
Entretien des appareils électriques.....	1.790	»	1.790
Entretien des appareils de perforation.....	1.069	1.048	2.117
Surveillance intérieure.....	7.349	»	7.349
	46.001	36.358	82.359

Actuellement, à Nœux, dans les querelles et rocs stratifiés avec bandes de carbonate de chaux, la vitesse de perforation des trous avec l'air comprimé, *Eclipse* n° 4, ne dépasse pas 8 centimètres à la minute. On emploie deux perforatrices sur un chariot et on injecte de l'eau par le fleuret dans les trous.

L'avancement quotidien moyen est de 2^m,50. Le prix de la perforation et le déblayage est de 60 francs.

Avec les perforatrices percutantes, on peut employer un bon ouvrier et deux manœuvres, au lieu de trois bons ouvriers nécessaires à la perforation rotative.

CONCLUSIONS

En résumé, nous avons obtenu, en marche ordinaire, lorsque l'eau ne nous contrariait pas, les avancements suivants en 24 heures de travail :

- Dans l'urgonien (calcaire à chama).... 4^m,50 au moins
» l'hauterivien (calcaire marneux). 5^m,16
» les dolomies du jurassique..... 4^m,20
» le tertiaire avec l'appareil Berthet 4^m,90

L'avancement dans l'urgonien a été calculé d'après celui obtenu dans l'hauterivien, car nous avons traversé l'urgonien quand l'installation de la perforatrice électrique a été mise en fonctionnement.

J'ai déjà indiqué que dans les dolomies les taillants des fleurets étaient vite usés et que quelquefois il y avait calage des moteurs. On peut espérer que l'on obtiendrait une marche meilleure avec des moteurs d'une force un peu supérieure à 3 chevaux, force de nos moteurs actuels, et par l'emploi d'acier plus dur que celui que nous employons. J'avais pensé à augmenter la vitesse de rotation du fleuret et à faire, en employant un système différentiel, que l'avancement à chaque tour fût moindre que le pas de 2 millimètres imposé par la résistance du métal et ménager ainsi l'usure des fleurets; malheureusement alors on les meule.

Nous essayons, en ce moment, une perforatrice percutante Bornet, se plaçant sur le chariot à la place de la perforatrice rotative. Elles sont l'une et l'autre actionnées à l'aide de la même tige extensible.

Si cet essai réussit, selon toute vraisemblance, il suffira d'un changement de perforatrice, tout le reste de l'installation étant conservé, pour passer de la rotation à la percussion, lorsque la dureté de la roche nous y obligera. Nous avons déjà obtenu une vitesse

de percement des trous dans la dolomie de 8 à 10 centimètres par minute

Si je ne m'occupe plus maintenant que des perforatrices rotatives, on voit que nous avons dû abandonner notre idéal, l'appareil léger, transportable comme le Berthet, pour adopter les lourds et encombrants chariots portant plusieurs perforatrices travaillant ensemble. Cependant, dans un terrain comme l'hauterivien ou les dolomies, on gagnerait, avec l'emploi d'un appareil de perforation pouvant travailler pendant une partie de la période de déblayage, assez de temps pour que l'avancement quotidien moyen obtenu devienne :

dans l'hauterivien au moins 6 mètres,
dans les dolomies au moins 5 mètres.

Nous avons bien essayé de revenir à l'avancement pendant le déblayage avec une colonne portant une perforatrice Bornet ou en employant une petite perforatrice de la Société d'Oerlikon, relativement légère. Mais ces appareils sont encore trop lourds ; ils sont instables.

J'espère que l'on trouvera l'outil que nous avons jusqu'ici vainement cherché :

Grâce à un choix judicieux de métaux légers et de résistance suffisante ;

Grâce à la création de moteurs électriques puissants sous un faible poids ;

Peut-être en forant des trous de faible diamètre avec chambre au fond ;

En employant des aciers très résistants à l'usure ;

En diminuant le pas des outils perforateurs le plus possible, ce qui diminuera les réactions sur l'affût que l'on pourra sans doute alors rendre stable, bien que léger.

Déhouilleuses employées aux Etats-Unis.

Par M. DE GENNES, ingénieur civil des Mines.

M. A. DE GENNES. — Nous avons été chargé récemment, par M. le Ministre des Travaux Publics, d'une mission aux Etats-Unis, pour y étudier les appareils propres à réduire la main-d'œuvre dans les mines.

M. Haton de la Goupillière, président du Congrès des Mines et de la Métallurgie, avait bien voulu également nous prier de rapporter des documents sur ce sujet, et les Compagnies de Commentry-Fourchambault, de Carmaux, de Nœux et de la Grand'Combe, se sont intéressées au succès de notre mission.

Malheureusement, nous sommes rentré trop tard en France pour pouvoir présenter au Congrès une étude complète dont nous espérons avoir réuni sous peu les éléments. Nous pensons cependant qu'il sera intéressant de dire quelques mots de machines toutes nouvelles, dont on n'a pas encore eu connaissance en France, et de présenter une classification différente des machines, basée, non sur la méthode d'exploitation, mais sur l'outil lui-même.

On nomme en anglais *coal-mining machinery* les machines à travailler le charbon. La traduction de ces mots (machine à miner le charbon) ne nous satisferait pas, car le mot de miner représente en français l'action seule des explosifs. Nous avons donc adopté pour ce genre de machines le nom générique de *déhouilleuses* qui comprendra toutes les machines servant, à un titre quelconque, au travail du charbon.

Déhouilleuses. — En prenant au début celles des déhouilleuses qui commencent le travail, nous trouvons d'abord les *haveuses*, qui pratiquent sous le

charbon de larges cavités, havage ou sous-cave, destinées à son abatage ; dans le travail des galeries, qui est un cas particulier de l'abatage, nous avons les machines qui font des saignées verticales ou rouillures, que nous appellerons *rouilleuses* ; puis viennent les *perforatrices* qui forent des trous dans lesquels un moyen d'expansion quelconque, explosif, chaux, air comprimé ou coins, vient détacher de la couronne le charbon dégagé au pied par le havage ; et enfin les *chargeuses* qui permettent d'enlever le charbon abattu.

Haveuses. — 1° : Dans la classe des haveuses, les *haveuses par percussion* ou à *pic* se présentent les premières ; on y trouve, fonctionnant par l'air comprimé :

La haveuse à pic Harrison ;

La haveuse à pic Sergeant ;

La haveuse à pic Sullivan.

Puis, marchant électriquement :

La haveuse à pic Morgan-Gardner.

2° : La classe suivante se compose des *haveuses à outil rotatif rigide*. Nous y trouvons, par ordre chronologique :

La haveuse à barre coupante Jeffrey ;

La haveuse à plateau Jeffrey ;

La haveuse à barre tournante armée Lee.

3° : Nous arrivons ensuite aux *haveuses à chaîne*. Dans cette classe, nous ferons deux divisions suivant que le mouvement de la machine s'opère en avant ou latéralement. Nous aurons ainsi :

La haveuse à chaîne avançante Jeffrey ;

La haveuse à chaîne avançante Link-Belt ;

La haveuse à chaîne avançante Morgan-Gardner ;

La haveuse à chaîne avançante General-Electric.

Et, d'autre part, une machine toute nouvelle, la *haveuse à chaîne ripante Sullivan*.

L'espace dont nous disposons ici ne nous permet pas de faire une description complète de cette machine; nous dirons seulement qu'elle fait pénétrer dans le charbon une chaîne à griffes, avec un fonctionnement avançant; on en détache alors tout l'arrière, ne lui laissant ainsi entre le front de taille et les bois que l'épaisseur du moteur; puis elle se déplace latéralement en coupant sous le charbon un vide de 1^m,50 de profondeur; elle marche ainsi d'une manière continue jusqu'à l'extrémité de la taille, en se halant sur une chaîne-guide, qui lui permet d'ailleurs de marcher dans des couches inclinées, car elle la suit rigoureusement. Le fonctionnement de détail des griffes est aussi tout différent de celui des machines avançantes: sa description nous entraînerait trop loin.

Rouilleuses. — Nous trouvons d'abord, dans cette classe, les haveuses à pic montées sur grandes roues qui font des rouillures latérales :

La Harrison;

La Sergeant;

La Sullivan.

Puis les haveuses à chaîne, transformées en rouilleuses par leur installation sur un affût vertical, qui font des rouillures centrales :

La rouilleuse Jeffrey;

La rouilleuse Morgan-Gardner.

Et enfin une machine spéciale, haveuse à pic perfectionnée, montée sur un affût à crémaillère qui supprime le recul et permet de lui donner une vitesse beaucoup plus grande.

La rouilleuse Sullivan.

Perforatrices. — 1° : Les *perforatrices à percussion* sont plutôt réservées au travail du rocher ; nous avons cependant été conduit à les faire rentrer dans cette classification générale. Elles sont de deux sortes :

- a. à air comprimé ;
- b. électriques à ressort ou à solénoïde.

2° Les *perforatrices à rotation* sont, pour le charbon :

- a. à air comprimé : Jeffrey ;
- b. électriques : Jeffrey, General-Electric, etc.

Pour le rocher, on emploie aussi aux Etats-Unis, comme *perforatrices*, des *sondeuses* dans lesquelles la couronne à diamant est remplacée par un outil plein.

Chargeuses. — Ces machines n'existent pas encore à l'état industriel : elles sont seulement en essais ; mais on peut espérer, en voyant les immenses pelles à vapeur des grands chantiers de déblais, qui enlèvent jusqu'à 3 mètres cubes de rocher à la fois, qu'il sera facile de passer à une échelle plus réduite, et que bientôt elles fonctionneront à l'état pratique dans les mines.

C'est l'outil de demain que nous ne pouvions omettre de mentionner.

Résultats. — Nous désirons, après avoir donné cette nomenclature un peu aride des machines en usage, dire un mot résumant les résultats obtenus. Nous les présenterons sous trois points de vue différents :

1° A production égale, les déhouilleuses ont permis de faire avec 64 ouvriers ce qu'on faisait avec 100 ;

2° A personnel égal, d'augmenter la production de 60 % ;

3° Et cela en réduisant le prix de revient de 15 à 17 %.

C'est ce que je souhaite à nos houillères.

Observations sur le havage mécanique.

M. DE CASTELNAU. — Je désirerais demander à M. Bachellery quelques renseignements sur l'emploi des haveuses aux Etats-Unis. Je crois que si ces appareils pouvaient être pratiquement employés dans nos mines françaises, leur usage n'aurait que des avantages au point de vue du prix de revient qui augmente de jour en jour. Mais en France, nous avons souvent des toits extrêmement mauvais, sous lesquels le boisage doit être très serré, ce qui rend difficile l'emploi de machines dans les tailles. Je voudrais donc savoir de quelle nature sont les toits des couches américaines où les haveuses sont utilisées.

M. BACHELLERY. — En Amérique, on fait usage de deux principaux types de haveuses, l'un à chaîne, l'autre à percussion.

Les premières sont très encombrantes, puisque leur longueur, normale au front de taille, atteint 3 mètres ; elles ne peuvent guère être utilisées que dans les couches dont le toit est assez solide pour qu'on puisse ne placer de bois qu'à 4 mètres du front. La méthode d'exploitation, appliquée aux Etats-Unis, se prête d'ailleurs très bien au travail de ces machines ; on les emploie dans des chambres, d'une largeur de 7 mètres, où les toits sont suffisamment bons pour n'exiger souvent aucun soutènement sur plusieurs mètres à partir du front de taille.

Mais dans les mines où le toit est moins bon, même lorsque le boisage doit suivre le front de taille à 1 mètre, on peut aussi faire du havage mécanique à l'aide des machines du type à percussion ; celles-ci se faufilent très bien entre les bois. Aux Etats-Unis, elles

sont employées dans ces conditions, et on s'en montre satisfait.

M. DE CASTELNAU. — Ces haveuses à percussion se distinguent des haveuses américaines à chaîne et de celles d'un type nouveau dont nous a parlé M. Paul Fayol, en ce que, au lieu d'être de véritables machines à progression automatique, elles constituent plutôt des outils à mouvement mécanique que l'ouvrier manœuvre lui-même. M. Bachellety pourrait-il nous dire si ces appareils, ainsi manœuvrés à la main, peuvent fonctionner dans les couches contenant des rognons.

M. BACHELLERY. — Les haveuses à percussion, qui constituent pour ainsi dire des pics pneumatiques, sont employées couramment dans des couches où se trouvent des rognons de pyrite; pour enlever ces rognons, l'ouvrier dirige son appareil de manière à les contourner.

M. DELAFOND. — Je rappelle qu'il y a 20 ou 25 ans, on a fait aux mines de Blanz y de nombreux essais de havage mécanique qui n'ont pu aboutir à des résultats pratiques. En général, les appareils expérimentés pouvaient effectuer des coupures dans le charbon pur; mais dès qu'ils rencontraient une barre, ils se calaient; depuis lors, les haveuses mécaniques ont fait des progrès, et il est possible que les nouveaux types ne présentent pas les mêmes inconvénients. Il est certain, en tous cas, que l'une des plus sérieuses difficultés à surmonter provient de la présence des barres et rognons.

M. DE GENNES. — Les haveuses à pic ont à vaincre, en Amérique, des obstacles de ce genre; ce sont des boules de pyrite très dures, correspondant aux rognons de carbonate de fer que nous avons en France. Quand

l'ouvrier rencontre une boule de pyrite, il la déchausse à droite et à gauche avec son appareil, et parvient ainsi à la dégager et à l'enlever sans abîmer son pic.

Les haveuses à chaîne avançante ne peuvent, au contraire, fonctionner en présence de rognons. Toutefois, une exception doit être faite pour la haveuse à chaîne ripante dont j'ai parlé tout à l'heure. Celle-ci est munie de dents, groupées deux à deux, qui attaquent le charbon sous un angle plus grand que les griffes des chaînes ordinaires, et le font sauter par petits éclats. Ces dents creusent deux sillons parallèles, espacés de 0^m,15, tandis que d'autres dents obtuses enlèvent la partie intermédiaire en frappant sur le charbon comme des marteaux. Grâce à ce mode de travail, les haveuses de ce type peuvent déchausser des boules de pyrite atteignant la grosseur du poing. Mais avec des boules plus grosses, il n'y a que les haveuses à pic qui puissent marcher.

Pour répondre à l'observation que présentait tout à l'heure M. de Castelnau au sujet des toits, j'ajouterai que les couches américaines ont souvent des toits absolument merveilleux ; dans certaines galeries, c'est à peine si on aperçoit un bois de loin en loin. On fait cependant du havage mécanique dans quelques couches exigeant un boisage plus complet ; en dehors des haveuses à pic, on peut alors utiliser aussi la haveuse à chaîne ripante ; cette dernière, en effet, une fois qu'elle a pénétré dans le charbon, se déplace ensuite le long du front de taille, en n'occupant plus, comme je l'ai indiqué, qu'un espace restreint (1^m,20 environ).

M. LE NEVE-FOSTER désire d'abord soulever une question de mot ; il fait remarquer que le terme de « haveuse à pic » est incorrect, car le taillant de cette machine n'a nullement le même mouvement que celui

d'un pic ordinaire. La haveuse de Harrison, comme celle d'Ingersoll, est plutôt un gros ciseau, à mouvement rectiligne, mû par l'air comprimé. On devrait donc abandonner le mot de « haveuse à pic » (pick machine), et donner plutôt à ce type d'appareil le nom de « ciseau mécanique », le havage exécuté par ces machines étant une sorte de ciselure.

D'autre part, M. Le Neve Foster signale qu'une solution de la question du havage mécanique lui semblerait pouvoir être trouvée dans une autre voie que celle qui a été suivie jusqu'ici : elle consisterait à employer des machines légères, donnant des milliers de très petits coups par minute, au lieu de machines lourdes donnant quelques centaines de gros coups. On peut citer, dans cet ordre d'idées, un outil, employé aux Etats-Unis, qu'on tient à la main pour buriner le fer et l'acier ; c'est le marteau pneumatique de Boyer ; il serait sans doute possible de le transformer pour en faire un instrument de havage dans les houillères. L'orateur rappelle que la petite haveuse Franke, pesant seulement une dizaine de kilos, est une machine de ce genre, qui est employée dans les mines de Mansfeld pour faire le havage dans le schiste cuprifère ; cet appareil donne peut-être 2.000 coups par minute.

M. DOMAGE partage l'opinion de M. Le Neve Foster. Pour faire le dressage des parois de galerie, dans des roches assez dures, il a essayé d'employer, au lieu de la pointerolle ordinaire, un marteau pneumatique, ayant la forme d'un pistolet, analogue à celui dont il vient d'être parlé ; l'outil fonctionnait bien pour ce travail.

M. DE GENNES. — Au sujet de la première observation, présentée par M. le Professeur Le Neve Foster, j'ajouterai que l'expression de haveuse à pic que nous

employons ne correspond pas exactement aux mots employés aux Etats-Unis. Les Américains, en effet, disent souvent « *punching machine* », ce qui signifie à peu près « machine coup de poing » ; mais il est difficile de trouver une expression française équivalente.

En ce qui concerne la seconde observation, je répondrai que des haveuses, donnant un nombre considérable de petits coups dans un temps très court, ne seraient pas, à mon avis, avantageuses. Cette solution n'a pas encore, il est vrai, été essayée en Amérique ; mais on y constate que, parmi les haveuses à pic existantes, assez voisines les unes des autres comme fonctionnement, les ouvriers préfèrent celles qui donnent des coups moins fréquents, mais plus énergiques ; ils trouvent qu'elles débitent plus de charbon.

D'autre part, le fonctionnement des haveuses à pic est tout différent de celui du marteau pneumatique : ce dernier doit détruire de la matière, tandis que les premières doivent l'éclater latéralement en frappant au bord d'une cavité déjà existante, et en pulvérisant au contraire le moins possible le charbon.

M. CHAPOTON. — A côté des haveuses mécaniques, existe-t-il en Amérique des machines travaillant à l'avancement des galeries de traçage ? Pour les grandes couches notamment, où les traçages sont nombreux, on pourrait avoir avantage, quand le charbon est dur, à pratiquer l'abatage mécanique dans les galeries.

M. DE GENNES. — Les machines creusant des sillons verticaux, que j'ai signalées tout à l'heure sous le nom de rouilleuses, sont précisément employées en Amérique pour l'exécution des traçages. Les unes font des rouillures latérales à droite et à gauche de la galerie ; on abat ensuite le charbon intermédiaire. Les autres

creusent une rouillure centrale ; après quoi, on abat le charbon de part et d'autre de cette coupure.

UN MEMBRE demande si on fait usage en Amérique de machines découpant, d'un seul coup, tout le pourtour d'une galerie.

M. BACHELLERY répond qu'on a essayé aux Etats-Unis un excavateur de ce genre, il y a une vingtaine d'années, mais que cet appareil a été abandonné.

M. DUVIVIER rappelle que la machine Dinnendhal est employée en Allemagne et dans le pays de Mons, pour le creusement des galeries. Elle pratique à l'avancement une rainure circulaire, en étant guidée, dans sa rotation, par un trou central.

Perforatrices électriques C. Bornet avec injection d'eau par fleurets creux

Par M. BORNET, ingénieur civil.

M. C. BORNET. — Messieurs, depuis cinq années, nous nous sommes spécialement attaché à utiliser l'électricité pour la commande de nos perforatrices.

Une de nos premières applications a été faite au creusement de la galerie de la mer dont M. Domage, l'éminent directeur de la Société nouvelle des Charbonnages des Bouches-du-Rhône, vous a entretenus.

Cette application comportait, jusqu'à ces derniers temps, des perforatrices rotatives donnant satisfaction pour les calcaires à forer.

Mais huit fois sur dix nous étions obligé de refuser les fournitures de perforatrices électriques qui nous étaient demandées, à cause de la dureté des roches à abattre. Nous avons donc dû, pour répondre aux besoins

des diverses exploitations, créer une *perforatrice à percussion électrique*.

C'est de cette dernière, comme de celle à rotation, dont je veux vous donner la description.

L'une et l'autre sont munies de l'important perfectionnement de *l'injection d'eau, par fleurets creux*, dans le fond des trous de mine en forage que nous avons mis en pratique au commencement de 1896.

L'idée de l'injection d'eau n'était pas nouvelle, et en 1889, les mines de Blanzky avaient exposé une bosseyeuse avec injection d'eau produite par un tube de cuivre enchâssé dans une rainure pratiquée sur toute la longueur du fleuret.

Les parties nouvelles que nous avons créées consistent dans notre *boîte à injection d'eau*, d'un modèle très simple et pouvant s'appliquer, sans frais importants, à toutes les perforatrices en service, et en outre dans la fabrication économique des fleurets creux au laminoir.

La Compagnie des Mines d'Anzin a bien voulu, aussitôt après son apparition, faire l'essai de notre système, et voici les résultats qu'elle a obtenus :

Injection automatique d'eau au fond des trous de mine en forage
par les fleurets creux (Système C. Hornet)

MINES : PERFORATRICES

343

C ^h DES MINES D'ANZIN — RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES DE NOVEMBRE-DÉCEMBRE 94 ET JANVIER 95						
NATURE des ROCHES	DURÉE DU TRAVAIL		LONGUEUR TOTALE des TROUS FORÉS	AVANCEMENT du TRAVERS-BANC	PRIX DE REVIENT DU MÈTRE DE GALERIE	OBSERVATIONS
	PERFORATION	MINES ET DÉBLAIS				
	Heures	Heures	Mètres	Mètres	Francs	
Perforatrice marchant à sec	289	424	1037	42	57,30	La dureté des schistes et des grès était la même dans les deux cas.
	444	396	1258,35	41,90	87,30	
Perforatrice à injection d'eau	98	346	838	35	45,30	
	131	242	788	26,50	70,10	

RÉSUMÉ : Longueur des forages par heure :

Schistes.....	Perforatrice à sec..... 3 ^m 60	Perforatrice à sec..... 2 ^m 83
	Grès.....	Perforatrice à injection d'eau.. 6 ^m 01
	Perforatrice à injection d'eau.. 8 ^m 55	

Comme résultats importants, nous obtenons :

Une *vitesse de forage* plus que double de celle obtenue par le travail à sec ;

Une *usure d'acier* moitié moins grande pour un même travail ;

Et le grand avantage pour les mineurs de ne plus être incommodés par les poussières provenant du forage.

A la suite de ces essais, la Compagnie des Mines d'Anzin nous a acheté une licence d'application aux 155 perforatrices qui fonctionnaient dans ses concessions, et depuis, un certain nombre de mines ont suivi son exemple.

Je passe à la description des perforatrices à injection d'eau de notre système que nous commandons par l'électricité :

1° Perforatrice à rotation (Pl. XVI, Fig. 2)

Cette perforatrice dite « *cantin renforcée et à injection d'eau* » est caractérisée par la progression automatique de l'outil sous pression élastique d'autant plus forte que la roche à forer est plus dure.

La commande de la rotation qui entraîne tous les autres mouvements se fait par les engrenages droits *a* et *b*. Ce dernier monté sur le tube porte-outil *t* qui porte à l'avant le porte-outil proprement dit *p* et à l'arrière un écrou *c* monté sur la vis principale *v* de la machine. Cette vis *v* porte un renflement *d* qui bute contre les ressorts en coupelle *r* ; ces ressorts eux-mêmes s'appuient sur le chemin de billes *e*, formant fond de la perforatrice. A la suite se trouve la boîte à injection d'eau *g*. La vis *v* traverse ce fond et cette boîte pour se terminer par un tourne à gauche *u*, retenu par le verrou *f*.

La vis *v* est creuse et porte sur toute la longueur un tube relié à l'avant au porte-outil. C'est par ce tube que se fait l'injection d'eau.

Le mécanisme d'arrière, boîte à ressorts, tourne à gauche et le verrou, en limitant la puissance absorbée par la perforatrice, nous a permis d'appliquer à la commande de notre perforatrice rotative, un moteur quelconque, sans crainte de bris. Ce qui, pour les dynamos à courant continu, est d'un grand avantage.

Nous avons des affûts électriques en marche avec courants polyphasés et avec courants continus, sous 110, 220 ou 450 volts ; les deux types de courants nous rendent les mêmes services.

2^e Perforatrice à percussion (PL. XVI, FIG. 3)

Nous nous sommes attaché, en créant cet appareil à percussion, à obtenir une machine qui puisse être montée sur nos affûts électriques construits en vue des perforatrices rotatives.

Pour cela faire, nous avons transformé le mouvement de rotation fourni par les dynamos, en mouvement de va et vient ou de percussion au moyen d'un arbre coudé commandant par bielle un piston.

Ce piston se meut dans l'intérieur du cylindre percuteur et lui est relié par l'intermédiaire de deux chambres à air ; l'air forme donc la liaison élastique nécessaire entre le piston qui a un mouvement de va et vient invariable et le cylindre percuteur dont la course varie à chaque instant.

Le mouvement de rotation et l'avance de la perforatrice sont donnés à la manière ordinaire et existant déjà dans les percussions.

A l'avant, se trouve la boîte à injection d'eau qui se compose d'un manchon en acier portant à l'intérieur

une boîte en bronze évidée et formant chambre d'eau circulaire autour de la tige du cylindre percuteur. En avant et en arrière se trouvent des garnitures de cuir évitant les fuites.

L'eau sous pression (3 kilog. environ par centimètre carré) est amenée, par un raccord, à la chambre intérieure. A chaque coup du cylindre percuteur, le trou percé dans la tige passe dans cette chambre à eau, il y a introduction d'eau dans la tige et de là dans le fleuret, avant, pendant et après le choc, d'où, nettoyage parfait du fond du trou.

Divers.

1° *Affûts*. — Pour galeries de dimensions importantes, 2 mètres sur 2 mètres et plus, l'affût à 2 et à 3 perforatrices peut être appliqué ainsi que M. Domage a bien voulu le décrire.

Pour les galeries étroites et sinueuses, nous avons dû créer un affût approprié.

L'affût (Fig. 4) à une seule perforatrice à percussion, plus simple, plus léger, moins encombrant et pouvant travailler dans les galeries ne dépassant pas 1^m,25 de largeur et dont le parcours peut faire des angles de 45°, a été appliqué avec succès dans des mines d'or.

Nous avons profité de cette nouvelle disposition pour faire un affût pouvant travailler sur des fronts de taille ou d'abatage très développés en fixant la perforatrice par une colonne verticale. Cette disposition permet, en outre, en plaçant le balancier, porteur de la colonne et de la perforatrice, dans un plan normal à la direction des rails, d'utiliser ces derniers pour faire rouler l'affût sur toute la longueur de ces fronts d'abatage.

Sur cet affût, comme sur celui à 2 ou 3 perforatrices,

on peut monter indifféremment des perforatrices à rotation ou à percussion.

Les ardoisières de la Renaissance d'Angers ont exposé dans leur stand du Palais des Mines le dessin d'un de ces affûts avec perforatrice rotative compris dans leur outillage.

2° Perforatrices. — Généralement, le forage mécanique est appliqué aux roches dures, mais il est des cas où le contraire existe, et, dans lesquels on se trouve en présence de roches tendres et humides qui ne peuvent être forées que très difficilement à cause des débris du forage qui forment une pâte, un mastic qui engorge les mèches. Il faut, dans ce cas, perdre beaucoup de temps pour nettoyer constamment les outils.

Notre système d'injection d'eau nous a permis de résoudre cette difficulté dans les meilleures conditions en actionnant, par l'électricité, une de nos perforatrices rotatives très réduites comme poids et comme volume.

L'eau d'injection assure le bon dégorgement des outils et, en les rafraîchissant, permet de tourner et de forer très rapidement en roches tendres et humides.

Dans ce cas, l'injection d'eau suffisante est assurée par une pompe mue par la réceptrice qui commande la perforatrice. Sur le tuyau de décharge de cette pompe, nous montons un robinet qui permet de régler la pression de l'eau d'injection et de n'user par conséquent que la quantité nécessaire au bon dégorgement.

3° Haveuses. — Nous avons enfin, dans ces derniers temps, appliqué notre perforatrice à percussion à des havages. Deux installations de ce genre à commande électrique ont été réalisées, mais nous n'avons pas encore de résultats pratiques suffisants pour nous étendre sur cette question intéressante des havages.

Les essais que nous avons faits nous donnent l'espoir qu'en construisant une perforatrice légère nous arriverons au but que nous cherchons, d'autant plus qu'avec notre mode de percussion nous ne sommes pas arrêté par les clayats ou rognons durs qui font généralement échouer les systèmes les mieux combinés au point de vue mécanique.

La séance est levée à 5 heures.

4^e SÉANCE*Vendredi 22 Juin 1900***EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LES MINES
PRÉPARATION MÉCANIQUE
DES MINÉRAIS ET DES CHARBONS**

Président : M. PELLATI, Inspecteur général des Mines
du Royaume d'Italie,
Président d'Honneur du Congrès,

Assisté de MM. :

LE NEVE FOSTER, Inspecteur général des Mines du Royaume
de la Grande-Bretagne,
Président d'Honneur du Congrès ;

Henri FAYOL,
Directeur général des Mines de Commentry, Fourchambault et Decazeville.
Vice-Président.

Secrétaire : M. Jules BERGERON.

La séance est ouverte à 2 h. 1/4.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

L'ordre du jour porte une communication de M. Wedding « *Sur la séparation magnétique des minerais de fer* ». M. Wedding étant absent, M. le Président donne la parole à M. DUVIVIER qui fait la communication suivante :

Note sur les grandes machines d'extraction électriques.

Par M. DUVIVIER, directeur des mines de fer
d'Audun-le-Tiche (Lorraine).

Nous trouvons, dans le beau rapport de M. Libert(1), la description de quelques applications des électromoteurs dans la machinerie des mines et notamment d'une machine d'extraction souterraine du puits n° 8 des charbonnages de Courcelles-Nord, installée en vue du déhouillement d'un bassin susceptible d'une production de 500.000 tonnes de charbon.

La machine d'extraction dont il s'agit, de 60 chevaux-utiles, peut extraire, de la profondeur de 130 mètres, 700 wagonnets de terre et charbon en 8 heures, à l'aide de cages à deux étages.

Nous avons eu l'occasion de voir fonctionner cette installation dans le courant du mois de mai, et avons constaté que le machiniste était tout à fait maître de la machine et qu'il pouvait effectuer toutes les manœuvres avec précision et rapidité tout aussi bien qu'avec la meilleure des machines à vapeur perfectionnée. Elle est pourvue de tous les organes de sécurité qu'on rencontre généralement sur toutes les machines d'extraction.

Tous les appareils de sécurité fonctionnent parfaitement bien.

Le seul reproche qu'on puisse adresser à l'installation, c'est le bruit assourdissant causé par le train d'engrenage, quoique le pignon qui est calé sur l'arbre de l'électromoteur soit en cuir vert comprimé.

(1) Emploi de l'Electricité dans les Mines. *Bulletin* de la Société de l'Industrie minière, 3^e série, tome XIV, 4^e livraison, page 953.

Cette installation est suffisamment décrite dans le travail de M. Libert. Nous ne nous y arrêterons pas plus longtemps.

Jusqu'à ce jour, la formule des praticiens paraît être la suivante :

Employer l'électricité pour tous les petits moteurs secondaires de la surface et pour les moteurs de toutes puissances installés au fond, et réserver la vapeur pour les machines d'extraction.

Nous ne croyons cependant pas qu'on en restera là et nous verrons, dans un avenir assez rapproché, l'électricité s'appliquer aux grandes machines d'extraction.

La maison Siemens et Halske, de Berlin, est entrée résolument dans cette voie. Nous connaissions déjà la machine d'extraction de 200 chevaux installée sur la mine de Karwin en Autriche.

Voici maintenant que M. Wolfgang Wendelin, ingénieur en chef de la firme que je viens de citer, nous annonce dans le travail qui nous a été distribué (1), l'installation d'une station centrale dans les mines de « Erzherzog Friedrich » dans le district d'Ostrau-Karwin, d'une puissance de 1.200 chevaux qui sera portée bientôt à 2.400 chevaux.

Elle actionne actuellement la machine d'extraction du puits Hoheneg de 200 chevaux, le ventilateur de ce même puits de 200 chevaux, la machine d'extraction du puits Albrecht de 400 chevaux, le ventilateur du puits d'aérage 200 chevaux, le treuil d'approfondissement de ce dernier puits (de 70 chevaux) et encore divers petits moteurs à l'extérieur et à l'intérieur.

(1) L'Electricité dans l'Industrie minière. *Bulletin* de la Société de l'Industrie Minérale, 3^e série, tome XIV, 4^e livraison, page 1081.

L'énergie est transmise jusqu'à 9.000 mètres de distance, à une tension de 12.000 volts. Cette installation est en fonction depuis 18 mois et s'agrandit toujours.

Nous regrettons que M. Wendelin ne soit pas présent pour nous donner quelques renseignements techniques économiques sur cette installation.

Je vais maintenant essayer de développer les considérations qui semblent militer en faveur de l'adoption des machines d'extraction électromotrices.

Tous les praticiens savent que les machines d'extraction, qui sont à marche intermittente, sont peu économiques.

Nous avons peu de renseignements sur la consommation des machines d'extraction. Cependant, le savant ingénieur Thomson donne les chiffres suivants que nous citons approximativement.

D'après M. Nasse, conseiller intime des mines, la consommation moyenne attribuée à 60 des meilleures machines du district de Saarbruck aurait été d'environ 12 kilog. de charbon par cheval-heure-utile en minerai élevé ; il y a de cela quelque 15 ans. Cela correspond à 80 kilog. de vapeur.

Depuis, des progrès marqués ont été apportés à la distribution de la vapeur et l'emploi de détentes perfectionnées variables au régulateur s'est généralisé ; la consommation de vapeur des machines d'extraction a sensiblement baissé.

Si ma mémoire est fidèle, M. Thomson conclut, des expériences faites au puits du Treuil sur la machine d'extraction, que la consommation de vapeur serait de 45 kilog. environ quand la machine marche à détente, et 55 kilos quand elle marche sans détente. Il s'agit ici

d'une machine puissante et soignée pour extraction à grande profondeur.

Enfin M. Thomson admet les chiffres plus modernes suivants :

1° Pour les machines d'extraction compound 28 à 30 kilog. ;

2° Pour les machines à détente variable au régulateur 40 kilog. ;

3° Pour les machines sans détente 50 kilog. par cheval-heure-utile en minerai élevé.

Nous allons prendre pour exemple une machine d'extraction du troisième type capable d'extraire 3.000 kilog. de la profondeur de 250 mètres à la vitesse de 10 mètres par seconde.

Sa force utile sera :

$$\frac{3.000 \times 10}{75} = 400 \text{ chevaux.}$$

Nous admettons que l'ascension et les manœuvres prennent 40 secondes.

Pour une extraction intensive pendant 2 postes, soit 20 heures, la machine fonctionnera et consommera réellement pendant 13 h. 3/10. Soit à raison de 40 kilog. par cheval-heure-utile, 212.800 kilog. de vapeur.

Les chaudières étant à grand volume d'eau fonctionneront comme accumulateur pendant que la machine est au repos. Elles devront donc produire par heure 10.640 kilos de vapeur.

Si le mètre carré de surface de chauffe est capable de 18 kilog. de vapeur, il nous faudra trois générateurs de 200 mètres carrés, soit 600 mètres carrés.

La consommation de charbon sera pour 5.320 chevaux-heures :

$$\frac{5.320 \times 40}{8} = 26.600 \text{ kilog.}$$

Examinons maintenant quelle sera cette consommation pour une machine d'extraction électromotrice.

Le moteur primaire sera à triple expansion ; la vapeur sera à haute pression et sera surchauffée modérément par l'appareil Deck. La machine sera à condensation. Une telle machine peut être garantie pour 6 kilog. par cheval-heure indiqué du moins pour un moteur de 800 HP.

Nous savons que la puissance utile du moteur d'extraction doit être de 400 chevaux.

Soient r , le rendement du système des bobines et du train d'engrenages	0, 8
r_1 le rendement de la réceptrice	0,85
r_2 le rendement de la ligne	0,98
r_3 le rendement de la génératrice	0,85
r_4 le rendement du moteur à vapeur	0,85

La puissance du moteur primaire devra donc être de :

$$\frac{400}{0,8 \times 0,85 \times 0,98 \times 0,85 \times 0,85} = \frac{400}{0,48} = 833 \text{ chevaux.}$$

Mais la machine primaire devra fonctionner pendant 20 heures consécutives quoiqu'il n'y ait dépense effective d'énergie utile que pendant 13 h. 3/10. Pour laisser le plus d'avantage au moteur d'extraction à vapeur, nous supposerons que la machine à vapeur de la station centrale consomme pendant les 20 heures 6 kilog. par cheval indiqué, ce qui représente :

$$833 \times 20 \times 6 = 99.960 \text{ kilog. de vapeur}$$

ou 12.495 kilog. de charbon.

La différence en faveur de la machine d'extraction électromotrice sera donc de 14.165 kilog. de charbon, ce qui, à 26 francs la tonne rendu aux chaudières, représente 366 fr. 73 d'économie par jour.

Notre batterie de chaudières devra comporter :

$$\frac{99.960}{20 \times 18} = 277 \text{ mètres carrés.}$$

Donc, dans le cas de la machine d'extraction à vapeur, nous consommerons près de 27 tonnes de charbon par jour, et nous devons installer 4 générateurs de 200 mètres carrés de surface de chauffe chacun, dont 1 de réserve.

Dans le cas de la machine d'extraction électromotrice, nous consommerons 12,5 tonnes de charbon par jour et nous devons installer 3 générateurs de 150 mètres carrés de surface de chauffe dont 1 de réserve.

La mise en marche de la machine d'extraction à vapeur exigera 1 machiniste et 1 aide coûtant par jour.....	9 francs
Graissage et entretien ordinaire.....	5 —
Entretien extraordinaire.....	5 —
Total.....	19 francs

La mise en marche et l'entretien de la machine d'extraction électromotrice coûtera <i>en plus</i> , 1 machiniste et 1 aide à la station primaire.....	9 francs
1 électricien.....	10 —
Graissage.....	5 —
Entretien ordinaire.....	10 —
Total....	34 francs

En retirant les 34 francs d'entretien supplémentaire de l'économie réalisée sur le combustible, il reste encore une économie de 332 fr. 73 par jour, soit par an : $32,73 \times 300 = 99.819$ francs. Remarquons encore que nous avons, avec la machine électromotrice, 300 mètres carrés de surface de chauffe de moins à entretenir et que si de la somme de 99.810 francs nous retirons 20.000 francs pour le service des amortissements de l'installation de la *station centrale*, il reste encore une économie réelle de 80.000 francs par an environ.

Ce chiffre est assez éloquent pour justifier l'installation des machines d'extraction électromotrices, en passant par une transformation de l'énergie qui paraît onéreuse au premier abord.

Afin de pouvoir tabler sur des chiffres certains, nous émettons donc le vœu qu'il soit institué une Commission des machines d'extraction, ayant pour mission de déterminer aussi exactement que possible la consommation de vapeur des meilleures machines d'extraction des différents types, consommation ramenée à l'unité de temps pendant que la machine fonctionne et consomme, c'est-à-dire en déduisant le temps pendant lequel la machine est en repos.

A l'aide des chiffres moyens trouvés par la dite Commission, nous aurions les arguments nécessaires pour calculer s'il sera réellement avantageux de monter des grosses machines d'extraction électriques et de généraliser ainsi l'emploi de l'électricité dans nos mines.

La Commission pourrait aussi recueillir tous les éléments concernant les frais d'entretien ordinaire et extraordinaire des machines d'extraction actuelles.

Quant au fonctionnement des moteurs électriques et aux dispositifs de sécurité à appliquer aux nouvelles machines d'extraction, il suffirait de se reporter aux

passages du rapport de M. Wendelin qui y sont relatifs (1).

M. le PRÉSIDENT remercie M. Duvivier de sa très intéressante communication. Il s'associe personnellement au vœu qui vient d'être émis, mais il faut remarquer que le Congrès n'a pas qualité pour nommer la commission que réclame M. Duvivier.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Bresson pour une communication sur les installations électriques des mines de Nœux.

Installations électriques des Mines de Nœux.

Par M. BRESSON, ingénieur en chef des travaux du jour
des Mines de Vicoigne et de Nœux.

Une note détaillée des installations électriques réalisées aux mines de Nœux, a été lue devant Messieurs les Ingénieurs de la Société de l'Industrie Minérale, réunis à Douai le 17 septembre 1899. Nous ne devons pas redire ce qui a été dit alors ; la reproduction de cette note viendra en son temps.

Nous allons seulement exposer :

1° Quelle est dans son ensemble l'installation qui a été réalisée ;

2° Pourquoi nous avons fait une station centrale, et de quelle nature est cette station ;

3° Comment sont établies les lignes de haute tension ;

4° Quelles sont les utilisations du courant, et parti-

(1) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 3^e série, tome XIV, 4^e livraison, 1^{re} partie, pages 1088 à 1090 et 1112 à 1114.

culièrement l'idée qui a présidé à l'établissement des divers moteurs qui utilisent la force électrique pour le fond.

1° *L'installation électrique* que nous possédons aux Mines de Nœux, comprend une station centrale qui a été conçue en principe pour être formée plus tard de 4 groupes électrogènes de 450 kilowatts chacun.

Une de ces unités est en essai actuellement. Ce groupe se compose d'un alternateur à 72 pôles de la Société Alsacienne, monté sur le volant d'une machine compound à deux cylindres, de la même Société, Corliss, à détente type Fricart, tournant à 75 tours ; le volant et l'alternateur pèsent ensemble 28.000 kilogr. La vitesse circonférentielle de ce volant est de 17^m67 à la seconde.

2° *Pourquoi avons-nous fait une station centrale ?*

A priori on peut se demander, et beaucoup d'ingénieurs de mines se demandent, pourquoi l'on n'a pas simplement produit à chaque siège un courant à basse tension et employé directement ce courant sans passer par des tensions élevées, toujours coûteuses et dangereuses, et demandant tout un personnel spécialement instruit pour cela. Nous répondrons de suite qu'opérer ainsi c'eût été utiliser la force électrique ; que ce n'est pas faire de l'électricité.

Nous avons créé une station centrale pour plusieurs raisons :

1° Nous avons des chaleurs de gaz perdus, de fours à coke à utiliser et ceci à un point déterminé ;

2° Nous croyons que c'est par une station centrale que le coût réel de l'exploitation de la force électrique est le plus faible ;

3° Nous avons la possibilité de produire à un point déterminé une force importante pour des utilisations devant se développer certainement, mais dans un sens et sur des points inconnus tout d'abord.

La Compagnie des mines de Vicoigne et de Nœux avait décidé de faire l'installation d'un groupe de 120 fours à récupération dont la moitié de suite. Nous devons en même temps prévoir l'utilisation des gaz perdus sous des chaudières Belleville comme nous avons l'habitude de le pratiquer à Nœux depuis 1888, et nous devons songer aussi à l'utilisation de la puissance motrice qui en résulterait. C'est de cet ensemble de considérations qu'est née l'idée de l'installation électrique centrale.

Les deux autres raisons citées plus haut ont résulté des études minutieuses que nous avons faites, des conséquences qu'aurait pour nous la réalisation de cette idée.

Il est certain que de fortes unités génératrices bien établies, avec des moteurs que l'on peut faire aussi perfectionnés que possible, assurent la sécurité et en même temps toute l'économie désirable dans la production du courant électrique. Les frais généraux d'une installation unique diminueront en raison directe de l'augmentation de puissance de cette installation; des unités bien calculées peuvent répondre aux besoins plus ou moins variables qui se produisent dans les 24 heures et permettent de faire travailler ces unités toujours presque à pleine charge, ce qui est un élément important du rendement.

D'un centre, et d'un centre seulement, avec tous les instruments de mesure que l'on peut avoir, et à la station, et aux lieux d'emploi, l'on peut, avec une direction bien entendue, régulariser dans la plus large mesure l'équilibre du cycle d'emploi des forces élec-

triques disponibles, c'est revenir encore à l'emploi maximum des unités, c'est-à-dire à leur rendement maximum.

Ayant la vapeur disponible à un point fixe, celui où sont les fours, aucune force ne pouvait nous permettre une utilisation plus souple, plus diverse et pour des endroits plus différents, que la force électrique.

De plus, dans les mines du Pas-de-Calais, l'on peut être certain du développement à venir : une source de grande puissance pourra toujours être utilisée.

Mais personne ne peut prévoir l'avenir, par conséquent les points d'utilisation ; il y avait donc lieu de créer une source de force pouvant aller porter ses efforts à un point quelconque de la concession avec une perte minima. Ces considérations ont amené naturellement l'emploi des courants triphasés de haute tension.

3° Comment sont établies les lignes de haute tension.

En fait, la station génératrice décidée, son emplacement déterminé, la nature de son courant résolue, nous avons établi 3 feeders :

Le premier vers la fosse n° 6 et le rivage de Beuvry : distance 4.570 mètres ;

Le deuxième vers les fosses 1, 2, 4, 5, 7 dont la plus grande distance prolongée jusqu'à la fosse 7 est de 9.500 mètres ;

Le troisième à proximité vers la fosse n° 3 distante de 1 kilomètre.

Plus tard, un quatrième sera lancé vers la fosse n° 8, pour être prolongé vers les points où seront creusées, dans l'avenir, les fosses 9 et 11.

La fosse n° 10 prendra, quand il y aura lieu, son courant depuis la fosse n° 5.

La ligne de Beuvry est en câbles de cuivre haute conductibilité de 35 millimètres carrés de section (voir plan de concession) calculée pour utiliser 400 chevaux avec 4 % de perte en ligne.

La ligne des fosses 1, 2, 4, 5, 7 est en câbles de même nature et de 100 millimètres carrés de section, correspondant à l'utilisation au n° 5 même d'une puissance de 850 chevaux avec 4 % de perte en ligne.

Cette perte sera diminuée ou augmentée suivant que, dans l'avenir, ce qui nous est inconnu actuellement, une plus ou moins grande utilisation de force se fera ou aux fosses 1, 2 ou 4, ou au contraire après la fosse n° 5, c'est-à-dire vers le n° 7 ou le n° 10.

Les lignes sont en fils nus, d'une façon générale ; cependant, à la traversée des chemins, elles sont en fils isolés correspondant à l'isolement n° 6 de la Société Alsacienne ; cet isolement règne sur 10 mètres de chaque côté du chemin. Malgré cet isolement, les conducteurs, dans les traversées des routes, sont enfermés dans un treillage métallique en fils galvanisés à mailles de 50 millimètres.

Les conducteurs sont sur poteaux en sapin de 12 mètres de longueur, passés à deux couches de carboniléum, enfoncés de 2 mètres en terre. Les conducteurs sont placés sur isolateurs à triple cloche, type espagnol, et à 0^m,50 les uns des autres, de manière à ce que le plus bas soit à 8 mètres du sol. Un fil de ronce artificielle galvanisé règne au-dessus de toute la ligne, posé sur le sommet des poteaux, et relié à la terre tous les deux poteaux à l'aide d'un fil de cuivre de 10 millimètres de section, terminé par une barre de fer carré de 40 millimètres de côté, enfoncée à 2 mètres de profondeur dans le sol.

Au passage au-dessus du chemin de fer du Nord,

nous sommes sur un pont de voie ferrée appartenant à la Compagnie de Nœux, et nous avons à croiser, à angle droit, les fils téléphoniques des Compagnies du Nord et de l'Etat. Nous avons, à l'aide de boîtes de jonction spéciales, jonctionné les 3 conducteurs aériens avec un câble à trois conducteurs à grand isolement et armé à l'aide d'un ruban en tôle d'acier. Ce câble, renfermé encore dans un tuyau en fer, a été posé dans le sol du tablier du pont ; descendant le long d'un poteau en aval du pont, il remonte sur l'autre poteau en amont ; les boîtes de jonction sont à 5 mètres du sol.

Chaque poteau est enlacé à 2 mètres du sol de 0^m50 de ronces artificielles pour empêcher les enfants de monter. Tous les deux poteaux, l'un de ceux-ci porte une plaque indiquant qu'il y a danger de mort à toucher aux fils.

4° Quelles sont les utilisations du courant et particulièrement l'idée qui a présidé à l'établissement des divers moteurs qui utilisent la force électrique pour le fond.

Le point de départ de production de force était les fours à coke ; il était juste que ceux-ci bénéficiassent de la première utilisation. Tout a été conçu dans l'installation de ceux-ci, pour employer, pour toutes les parties mécaniques en mouvement, la force électrique exclusivement.

Nous trouvons donc ici 4 utilisations bien distinctes :

1° Des appareils culbuteurs de wagons mus par un moteur à induit en court circuit.

Disons de suite que tous les moteurs que nous possédons, comme les génératrices elles-mêmes, sortent des ateliers de la Société Alsacienne à Belfort.

Ce genre de moteur, pour des appareils où il doit démarrer fréquemment, doit être proscrit, surtout si l'on fait en même temps de la force et de la lumière. Ils prennent au démarrage 4 fois $1/2$ leur force nominale et donnent des à-coups trop sensibles sur la génératrice ;

2° Un appareil mélangeur se composant de 4 soles pour dosage, et une vis à palettes de 26^m 50 de longueur destinée à mélanger et transporter 25 tonnes à l'heure ;

3° Une longue chaîne à godets de 36^m 50 de hauteur, remontant ces produits du sous-sol des appareils à mélange, au sommet d'une tour réservoir, et un transporteur Kreiss pour la distribution du charbon dans ces tours ;

4° Une défourneuse électrique.

Nous ne décrirons pas ces appareils, ce qui sortirait du but que nous avons à exposer ici, mais nous dirons de suite que jamais, malgré les à-coups terribles qu'a reçus surtout le moteur de la défourneuse, aucun des moteurs n'a donné lieu à un accident quelque petit qu'il soit.

L'intérêt considérable qui s'attache aux moteurs à courant alternatif est ce fait que lorsque la force qu'il a à développer dépasse ce qu'il est capable de fournir, il s'arrête et c'est tout ; jamais il ne brûle. Si nous avions eu à nous servir de courants continus, nous aurions bien des fois déjà brûlé les induits.

Mais l'application la plus intéressante pour le Congrès qui est, il ne faut pas l'oublier, le Congrès des Mines, c'est celle qui a été faite et est en cours d'exécution chez nous, à des moteurs destinés au fond et conçus exclusivement en vue d'atmosphères grisouteuses.

Nous avons pensé en effet en étudiant dès le principe l'installation générale, qu'elle devait être conçue pour

répondre, autant que la science nous le permettra, à toutes les applications présentes et futures.

Le grisou a déjà fait son apparition à Nœux depuis longtemps, et, à partir d'un certain niveau, toutes les fosses deviendront plus ou moins grisouteuses : c'est la loi générale.

Les applications destinées au fond sont les suivantes :

1° Un treuil électrique de 35 chevaux ;

2° Une pompe d'exhaure de 120 chevaux ;

3° Des locomotives électriques à accumulateurs, dont un spécimen figure dans les objets exposés par la Compagnie des mines de Vicoigne et de Nœux à notre exposition nationale actuelle.

1° Un treuil électrique.

Celui-ci, disons-le de suite, a donné lieu à un certain nombre de critiques très justifiées ; mais les critiques sont quelquefois des plus utiles à connaître, et nous n'aurons garde de les omettre.

Ce treuil était destiné à remonter 40 berlines à l'heure dans une cage avec guidage en bois, sur une hauteur de 77 mètres.

Le service, sauf quelques arrêts, par suite d'accidents que nous allons relater, a été fait pendant 4 mois environ d'une façon rigoureuse.

Comme tous les mineurs le savent, autre chose est de faire le service d'un plan incliné, autre chose est de fournir à celui d'un puits d'extraction ; car ici, ce n'était pas autre chose. Pour faire 40 voyages à l'heure, les différentes manœuvres nécessaires impliquent 120 démarrages à l'heure.

Après avoir examiné ce cas au point de vue électrique, nous n'avons pas cru devoir demander ce service au moteur lui-même, et le treuil a été conçu avec un embrayage mécanique.

C'était la difficulté, et elle était là tout entière. La résolution du problème n'a été que partielle.

Nous avons cherché avant de construire le treuil, parmi tous les constructeurs spéciaux, l'embrayage qui pouvait convenir à ce cas spécial, à savoir : être absolument sûr, être extra-robuste, être progressif. Nous nous sommes arrêtés à l'embrayage Lindsay, Anglais d'origine, mais dérivant du frein des omnibus de Paris, le frein Lemoine.

L'embrayage Lindsay répondit absolument aux deux premiers points, il ne répondit que très imparfaitement au troisième. L'importance de cette condition est cependant tout aussi grande que celle des deux autres. Sa brusquerie relative ajoutée à la force vive emmagasinée sur l'arbre de cet embrayage tournant à 206 tours par seconde, a causé les accidents qui sont survenus, à savoir : bris d'engrenages, bris de la poulie du frein et ruptures fréquentes des attaches du câble à la patte.

Disons de suite que les deux premières conditions posées ci-dessus pour l'embrayage, doublées de la troisième, sont extrêmement difficiles à résoudre ; quand on aura trouvé l'embrayage y répondant pour des forces importantes, dépassant 10 chevaux, et atteignant 50 et 100 chevaux, la question du treuil électrique pour tous usages sera résolue. Car malgré les à-coups énormes donnés au moteur électrique, celui-ci n'a jamais pu nous laisser voir trace de n'importe quelle avarie, quelque petite qu'elle soit.

Ce moteur, de 35 chevaux de force, est à induit en court-circuit, calculé et construit à grande résistance, pour pouvoir facilement démarrer avec le pignon calé sur son arbre, la roue correspondante et l'arbre portant l'embrayage.

Le moteur est à enveloppe hermétique, autant qu'on

peut l'avoir avec un arbre passant sans précaution spéciale. Malgré cette fermeture, la température du moteur n'a jamais dépassé 60° centigrades, quels que soient son travail et la durée de celui-ci. Cette durée a été quelquefois de 14 heures sans discontinuer.

Ce fait était particulièrement important et utile à enregistrer pour l'avenir.

L'appareil de démarrage est un interrupteur spécial, particulièrement robuste, et fait pour fonctionner dans un vase hermétiquement fermé et rempli d'huile de vaseline.

Pour le premier moteur, qui devait servir d'essai et fonctionner dans un milieu certainement pur, aucune autre précaution n'avait été prise contre le grisou.

Le courant de haute tension est descendu dans la mine à l'aide d'un câble à grand isolement, armé avec des spirales en fil d'acier rond, constituant un câble capable de supporter le conducteur sur toute sa longueur de 400 mètres développée dans le puits. Le courant est reçu dans un transformateur réducteur, transformant le courant de 5.000 volts à 250 volts, taux auquel fonctionne le moteur.

Le transformateur est enfermé dans une petite niche spéciale.

Un accident, qu'il est bon de relater, est arrivé au transformateur ; il a brûlé un certain jour, développant non pas des flammes, mais des fumées irrespirables, ce qui eût pu être très préjudiciable dans certains cas.

La cause en a été nettement déterminée : les cartons isolants étaient de qualité insuffisante et avaient pris l'humidité dans un arrêt assez prolongé. Des bobines neuves furent remises en place et jamais l'on a eu à observer le moindre défaut au transformateur ainsi refait.

Nous avons tenu à relater cet accident pour mettre

en garde contre un défaut qui pourrait avoir des conséquences désastreuses. Des essais, faits au jour, sur des appareils à recevoir, sont simples à faire, et mettraient à l'abri de toute surprise.

2° Une pompe d'exhaure.

Cette pompe, actuellement en construction, est établie pour élever 70 mètres cubes à l'heure, à une hauteur de 360 mètres.

Le moteur électrique qui la fera mouvoir, est de la force de 120 chevaux disponibles sur son arbre. La pompe est à 4 pistons dont 3 pistons à eau comme il est pratiqué d'ordinaire et 1 piston d'équilibre des efforts. Si l'on trace en effet les 3 courbes des efforts sur les pistons, on obtient des sinusoides qui laissent, à chaque tour de l'arbre, un espace de temps pendant lequel le travail est minimum, et à un taux notablement inférieur ; le petit piston d'équilibre, dont le diamètre est de 75^{mm} tandis que celui des autres est de 160^{mm} , vient refouler un petit volume d'eau, juste à ce moment, et en quantité calculée pour apporter vraiment l'équilibre dans le cycle produit par une rotation.

Le moteur de 120 chevaux mérite une mention toute spéciale.

Nous avons vu, il y a un instant, que le transformateur employé avec le treuil avait donné lieu à un accident. De toutes manières, cette transformation implique une perte de rendement.

Nous avons demandé à la Société Alsacienne de nous construire un moteur marchant directement à 5.000 volts, sans transformation. Après quelques hésitations, la Société Alsacienne y consentit.

Nous voulions du même coup, pour ce moteur, mettre toute sa partie électrique dans des conditions telles,

que la sécurité des hommes pût être regardée comme aussi complète que possible, dans une atmosphère franchement grisouteuse.

Pour arriver à réaliser ce desideratum, nous nous sommes reportés à ce principe philosophique, pour nous indéniable, à savoir: que le Créateur a mis à notre disposition, les différentes forces de la nature pour s'entr'aider, et jamais pour se détruire.

Ne pouvant compter avoir une atmosphère intérieure, dans l'enveloppe du moteur, même théoriquement hermétique, ne pouvant compter avec des espaces assez réduits ni assez cloisonnés pour rendre toute explosion possible purement locale, nous avons songé à rendre l'atmosphère intérieure des appareils électriques certainement inoffensive. Pour cela, nous avons pensé que l'air comprimé, toujours à notre disposition dans nos mines, viendrait nous prêter un concours absolument précieux. Ce principe n'excluait pas l'herméticité aussi exacte qu'on peut l'obtenir pratiquement.

Du côté des bagues d'un moteur, un joint bien fait peut y suffire; mais du côté où passe inévitablement l'arbre pour transmettre la force en question, c'est plus délicat.

Nous donnâmes à la Société Alsacienne le dessin d'un presse-étoupes spécial, dans lequel les boudins formant joints étaient pressés automatiquement par des ressorts Belleville, sur lesquels il était encore possible d'agir à l'aide d'un écrou pour rattraper l'usure. La Société Alsacienne, avec sa compétence habituelle, nous a construit, dans cet ordre d'idées, un presse-étoupes, à l'efficacité duquel nous croyons complètement. Un ajutage avec tubulure à écrou nous permettra d'introduire de l'air comprimé dans l'intérieur de l'enveloppe du moteur; un manomètre, placé sur cette enveloppe, permettra de voir à tout instant si la pres-

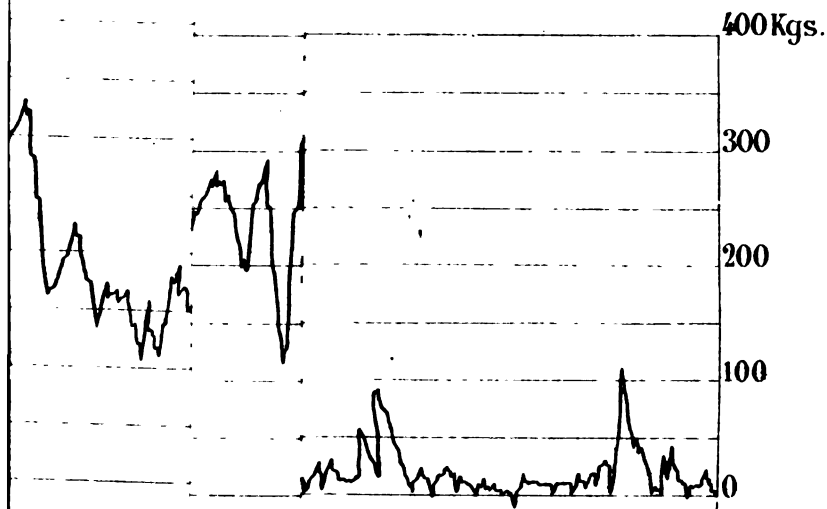
sion existe à l'intérieur ; celle-ci ne devra jamais descendre au dessous de $1/4$ de kilogramme. Dans ce cas, nous croyons avoir réalisé toutes les précautions à prendre au sujet du moteur, pourvu que l'homme, dont on ne pourra jamais se passer, y apporte l'appoint de sa surveillance.

Restent les conducteurs amenant le courant : ceux-ci arrivent comme il a été dit pour le treuil, à l'aide d'un câble à grand isolement à trois conducteurs, armé de la même façon. Sur la carcasse du moteur elle-même, se trouve une boîte de jonction, dans laquelle entre ce câble, pour en ressortir en trois fils séparés entrant dans l'enveloppe. La boîte est remplie de matière isolante ; rien donc n'est dangereux au contact extérieur. Quant au danger d'étincelles, la nature même du câble, largement armé, répond à tous les cas, étant donné surtout que ce câble est suspendu dans un goyau et aboutit à une chambre de machine solidement maçonnée.

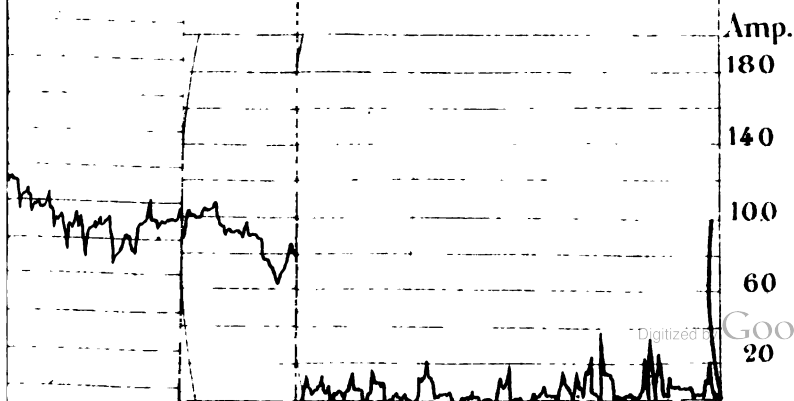
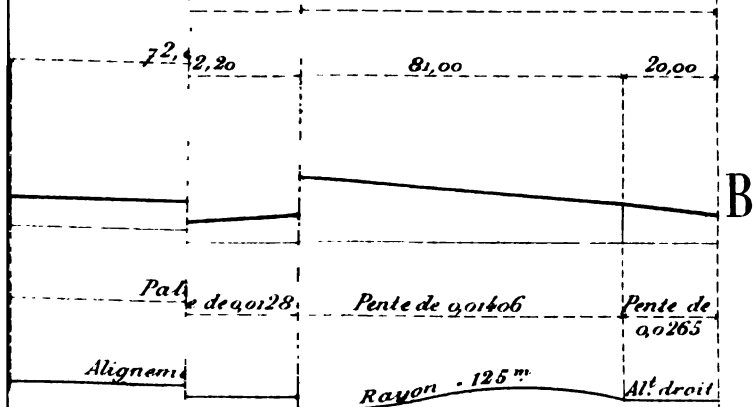
L'interrupteur est identiquement conçu comme l'est celui du treuil, mais approprié au courant de haute tension qu'il doit supporter.

3° *Des locomotives électriques.*

Trois locomotives électriques ont été commandées et sont arrivées à Nœux depuis deux mois ; l'une d'elles figure à l'exposition des mines de Nœux, les autres sont entrées en expériences suivies sur une voie spéciale montée ad hoc, au jour, dans un terrain disponible. Le développement de cette voie est de 785 mètres, son profil est donné ainsi que son tracé sur le tableau ci-contre ; sur ce tableau sont également tracés : 1° un diagramme des efforts réels demandés par la traction du convoi, relevé à l'aide d'une berline dynamométrique copiée sur celle imaginée à Commentry ; 2° des diagrammes



g



relevés à l'ampèremètre enregistreur monté sur la locomotive.

Nous n'oublierons pas que nous avons dû concevoir cette locomotive pour affronter les milieux grisouteux, ou tout au moins avec cette idée que, mise en pratique, considérée attentivement, critiquée, perfectionnée dans l'emploi qu'on en fera chaque jour dans un milieu inoffensif, elle pourra, après un certain temps de service, affronter ces milieux en laissant la responsabilité des ingénieurs parfaitement tranquille.

Pour arriver à ce résultat, il fallait proscrire avant tout le trolley, et il fallait passer par les accumulateurs; c'est avec cette idée première que l'étude fût entamée.

Le problème posé avec les desiderata rappelés plus haut, au point de vue du grisou, se complétait ainsi: remorquer sur une rampe de $8^{\text{m/m}}$, pouvant aller par moment à $20^{\text{m/m}}$, 25 berlines vides, du poids unitaire de 250 kilogrammes, à une vitesse, sur la rampe de $8^{\text{m/m}}$, de 12 kilomètres à l'heure environ.

Disons de suite, pour ne plus y revenir, que sur la voie d'essai nous atteignons une vitesse de 13 k. 500, en rampe de $8^{\text{m/m}}$, et 8 k. 500 en rampe de $26^{\text{m/m}}$; que le convoi de 25 berlines peut être démarré facilement soit sur la rampe de $26^{\text{m/m}}$, soit dans les courbes quelconques; que des premiers essais nous ont démontré que l'on pouvait aborder par exception des rayons de courbes de 6 mètres; mais que le rayon minimum pratiqué était de 10 mètres, la voie étant faite avec des rails Vignole, de 12 k. 500 au mètre, sur traverses en bois distantes de $0^{\text{m}}50$, de traverse à traverse, celles-ci ayant 8 centimètres de hauteur.... pour $0^{\text{m}}10$ de largeur et faites en bois de chêne.

Pour arriver à ce résultat, avec les berlines, type du Pas-de-Calais, en tôle, et très peu perfectionnées,

comme graissage, nous avons estimé que le moteur de la locomotive devait avoir 20 chevaux de puissance.

Toutes ces bases étant jetées, nous ne pouvions songer, à cause de la force à développer, à prendre le type d'Amercœur avec accumulateurs portés par la locomotive elle-même ; nous serions arrivés à un encombrement comme à un poids impossibles.

Nous ne pouvions pas employer des accumulateurs à charge lente, car il nous aurait fallu ou un trop grand nombre d'éléments ou un trop grand nombre de groupes d'éléments comme rechange.

Nous avons imposé à la Société Alsacienne d'avoir à nous fournir des accumulateurs à charge rapide ne dépassant pas 30 minutes et pouvant se charger au besoin en 15 à 20 minutes.

Après hésitation entre les accumulateurs Blot et les accumulateurs Tudor, des considérations de garantie nous firent adopter l'accumulateur Tudor, type d'automobiles, complètement fermé et contenu dans une boîte spéciale très solide, montée sur un truck servant à l'instar des tenders des locomotives à vapeur.

La locomotive, pour laquelle on n'avait plus à s'inquiéter de l'encombrement des accumulateurs, a pu être étudiée pour offrir un type aussi réduit que possible en tous sens ; elle a effectivement : longueur 2^m15, hauteur 1^m30, largeur 0^m85.

Le moteur attaque par un pignon en cuir et un engrenage un arbre intermédiaire qui transmet le mouvement aux deux essieux à l'aide de deux chaînes de Galle.

Ce moteur est à enveloppe hermétique susceptible de recevoir l'air comprimé contenu dans un petit réservoir porté par la locomotive. Sa présence est révélée par un manomètre placé à la vue du mécanicien ; l'appareil de démarrage est à fermeture hermétique et fonctionne dans l'huile de vaseline ; tous les conduc-

teurs sont isolés ; la jonction des câbles avec le truck se fait à l'aide de conducteurs souples, et la jonction elle-même est rapide et sûre. Dans le truck même, toutes les connexions sont faites en lames de plomb de grande section, plates et larges pour pouvoir se prêter à des déformations importantes sans se rompre.

Telle qu'elle est réalisée, étant donné que cette locomotive est destinée à rouler dans les voies principales, elle nous semble, avec une surveillance très minime mais qu'il ne faut jamais écarter, pouvoir offrir une sécurité très appréciable et suffisante. La pratique de chaque jour affirmera cette opinion.

Dans la conception générale de l'organisation de la traction au fond, le courant descend dans la mine à 5.000 volts toujours par les mêmes moyens, et arrive à une station de charge intérieure qui se trouve à côté de la remise des locomotives et trucks. Cette station se compose de transformateurs statiques, de commutatrices, de tableaux, d'appareils de mise en charge des accumulateurs, chacun de ces appareils correspondant au nombre d'accumulateurs d'un truck. Pour trois locomotives et quatre trucks que nous posséderons, un seul groupe sera installé.

A cette organisation est joint un appareil qui jouera un très grand rôle dans le service pour en assurer la rapidité : c'est un chariot transbordeur. Ce chariot qui fonctionnera dans la remise des locomotives et trucks perpendiculairement aux voies de roulage, se mouvra par l'électricité à l'aide d'un trolley et pourra supporter 2 trucks au moyen de deux voies parallèles.

Quand la locomotive arrivera du front de taille avec un truck épuisé, elle le poussera sur le chariot amené en conséquence, on décrochera les connexions de ce truck et de la locomotive, le chariot s'avancera de manière à offrir à la locomotive un truck à accumu-

lateurs chargés ; on fera les connexions et la locomotive repartira, le chariot s'effacera et viendra apporter le truck à charger devant le tableau de charge. Ceci se fait en un peu moins de temps qu'il en faut pour le dire. Nous estimons que ce service aura ainsi toute la rapidité désirable et que la locomotive ne perdra qu'un temps insignifiant par rapport à une locomotive à trolley.

Bien entendu, cette station de charge ainsi établie au fond suppose que l'on sera près du puits d'entrée d'air, sans aucun danger d'y voir jamais de grisou, qu'elle sera mise en relation avec le puits de retour, pour être toujours balayée par un courant d'air frais, ce qui est indispensable au moment des charges.

S'il en devait être autrement, la difficulté serait tournée par une dépense de cuivre, afin d'amener dans le puits le courant de charge à basse tension lui-même, transformé et réduit au jour.

Pour finir, nous donnerons, dans le tableau ci-dessous, les caractéristiques de la locomotive et des accumulateurs.

MINES DE NŒUX

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

Résultats obtenus avec une locomotive remorquant 25 berlines vides
sur la voie A B

Caractéristiques de la locomotive.

Puissance du moteur.....	20 ^{ch}
Voltage aux bornes.....	100 ^v
Nombre de tours.....	850
Rapport de réduction.....	6,9

Deux essieux commandés par chaîne.

Diamètre au contact des roues.....	500 ^m / _m
Vitesse en kilomètres.....	11, 5
Poids de la locomotive seule.....	2.850 ^a
Poids par essieu.....	1.425 ^a
Ecartement entre les rails.....	600 ^m / _m
Poids au mètre du rail employé.....	12 ^a

Caractéristiques de la batterie d'accumulateurs

(Type Tudor à charge rapide)

Nombre d'éléments.....	51								
Capacité en ampères-heure au régime.....	60								
Charge....	<table> <tr> <td>Sous-voltage constant de.....</td><td>130^a</td></tr> <tr> <td>Intensité au début en ampères.....</td><td>180</td></tr> <tr> <td>— à la fin —.....</td><td>70</td></tr> <tr> <td>Durée en minutes environ.....</td><td>30</td></tr> </table>	Sous-voltage constant de.....	130 ^a	Intensité au début en ampères.....	180	— à la fin —.....	70	Durée en minutes environ.....	30
Sous-voltage constant de.....	130 ^a								
Intensité au début en ampères.....	180								
— à la fin —.....	70								
Durée en minutes environ.....	30								

La batterie doit être rechargée lorsque le voltage est descendu en marche à 92 ou 93 volts.

Poids du truck et de la caisse vide.....	1.500 ^a
Poids d'un élément complet.....	30 ^a
Poids du truck complet en ordre de marche.....	3.030 ^a

Nous n'avons jusqu'ici parlé que de transmission de force ; ajoutons qu'à l'heure actuelle, l'éclairage est, ou utilisé, ou en voie d'installation sur une large mesure.

Au mois de septembre, le nombre de lampes qu'alimentera la station centrale sera de :

80 lampes à arc.

2.276 — à incandescence.

réparties sur les 15k.070 mètres de conducteurs répandus sur la concession.

Et ce n'est pas un mince intérêt de considérer encore ce point de vue tout spécial qui a apporté son poids dans la conception d'une station centrale, à savoir :

Que la lumière devait être livrée à une Compagnie

de mines, par surcroît. En effet, si l'on considère les périodes de la journée pendant lesquelles une mine utilise la force, on remarque que celle-ci est demandée surtout de 6 heures 1/2 du matin à 3 ou 4 heures du soir. La quantité de force exigée en dehors de ce temps n'est guère que de 25 à 30 % du taux demandé dans cette période d'activité. C'est donc au moment où la lumière est réclamée abondante par l'activité toujours croissante de nos affaires de mines, que la force électrique est disponible sur nos génératrices ; la lumière ne sera donc que l'utilisation du disponible en force et contribuera puissamment à augmenter le rendement d'une installation centrale.

Telles sont, rapidement énoncées, d'une façon générale, les installations en service ou en cours de construction à la C^{ie} des mines de Nœux.

Nous ajouterons que nous n'avons pas oublié que nous étions des exploitants, que chacun de nous doit arriver à un but spécial et toujours le même : le prix de revient. Faire de l'électricité c'est fort intéressant, mais nous devons nous demander, avant tout, si nous obtiendrions, avec cette force, un prix de revient normal.

Pour arriver à ce résultat, nous voulons bien appuyer en terminant, sur ce point particulier à nos installations, à savoir : la multiplication partout des appareils de mesure.

Nous avons, à la station génératrice, un wattmètre enregistreur qui permettra à l'ingénieur de la station, de se rendre compte de toutes les pulsations de son service ; nous avons à chaque établissement qui emploie, un compteur horaire ; nous faisons payer à chacun de ces établissements le kilowatt à un prix déterminé, nous prenons donc exactement en tous points les

consommations et les faisons rigoureusement entrer dans notre comptabilité.

A l'aide d'un prix de revient de production consciencieusement et rigoureusement tenu, nous verrons nos résultats.

Tout ce que nous pouvons dire aujourd'hui, c'est que, avec des consommations diverses qui ont varié depuis 14.711 kilowatts-heure par mois jusqu'à 32.367.5 kilowatts, le prix de revient a varié de 0,154 le kilowatt à 0,318; nous vendons aux établissements le kilowatt-heure à raison de 0,30.

Nous espérons baisser ce prix quand notre consommation aura fait diminuer l'influence de nos frais généraux.

Comme il a été dit en commençant que la force vapeur était prise sur les gaz perdus des fours à coke, on pourrait croire que nous comptons pour rien cette source de force; les résultats seraient ainsi faussés pour des comparaisons ultérieures. Nous avons déterminé exactement le nombre de calories disponibles en gaz et nous avons compté combien de tonnes de schlamms il nous faudrait brûler par mètre cube d'eau vaporisée pour arriver au même résultat qu'avec les gaz; nous avons compté ces schlamms à 7¹/₂₀ la tonne, notre prix habituel, y compris transport, et c'est sur cette base de prix, très exacte et toujours comparable, que notre coût de production de force est établi et entre dans celui de la production de force électrique.

Nous croyons avoir ainsi constitué une installation générale qui ne manque pas d'intérêt; nous pensons que dans l'avenir nous aurons non seulement à notre disposition une force souple et se pliant à la plupart des cas à résoudre, mais aussi une force à bon marché: c'est ce que l'avenir seul démontrera!

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Smits qui donne lecture de son rapport ayant pour titre : *Exposé du procédé Wetherill* (1).

M. le PRÉSIDENT ayant à faire une communication, prie M. Fayol de le remplacer au fauteuil de la présidence.

M. PELLATI fait la communication suivante expliquant et résumant le mémoire qui a été distribué aux membres du Congrès (2).

Sur la préparation mécanique des minerais métallifères

Par M. N. PELLATI,
inspecteur général des Mines du Royaume d'Italie.

En présentant mon mémoire sur la préparation mécanique des minerais, mon but n'a pas été de traiter la question d'une manière générale, c'est-à-dire de vous décrire les systèmes et les appareils de préparation mécanique applicables à toutes sortes de minerais pour faire ressortir les progrès et les perfectionnements accomplis dans le traitement des minerais de tous les pays selon les circonstances très variées qui peuvent se présenter. J'ai pensé qu'à l'occasion de ce Congrès international, où se trouvent rassemblés les représentants de l'industrie minière du monde entier, il était de mon devoir de faire connaître les progrès dernièrement réalisés dans mon pays, progrès qui ont eu l'influence la plus favorable pour le développement de l'industrie

(1) *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, 3^e série, tome XIV, 4^e livraison, 1^{re} partie, page 1243.

(2) *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, 3^e série, tome XIV, 4^e livraison, 1^{re} partie, page 1263.

dans les principaux centres de production, qui sont : la Sardaigne pour les minerais de plomb et de zinc, la Sicile pour le soufre et la région Apuenne pour le marbre.

En ce qui concerne la Sardaigne, le progrès le plus remarquable a été accompli, précisément, dans la préparation mécanique ; c'est pourquoi j'ai cru utile de traiter cette question ; dans une autre communication relative à l'industrie minière de la Sicile, je m'occuperai des minerais de soufre et de leur traitement ; enfin une troisième communication concernera l'application du fil hélicoïdal à l'exploitation du marbre dans la région Apuenne.

Dans la première partie du rapport concernant la Sardaigne, j'examine les conditions générales des mines sardes, au point de vue de la préparation mécanique, et je trace à grands traits l'évolution qui a eu lieu dans l'utilisation des richesses minières de la région par suite des perfectionnements successifs des systèmes et des appareils.

La production actuelle des minerais de plomb en Sardaigne peut s'évaluer à 35 mille tonnes de la valeur de cinq millions et demi de francs, et celle des minerais de zinc (calamines) à environ 130 mille tonnes de la valeur d'environ vingt millions de francs. Il y a en outre des gisements considérables de minerais mixtes (blende, galène, pyrites de fer et de cuivre) dont la production tend à augmenter rapidement. C'est pour des minerais de telle sorte que les perfectionnements dans les procédés de triage et de lavage mécanique sont destinés à avoir l'influence la plus favorable.

La production minière de la Sardaigne était avant 1859 presque insignifiante ; les mines exploitées régulièrement n'étaient qu'au nombre de 4 ou 5 et on

y produisait à peine une dizaine de milliers de tonnes de minerai de plomb.

Le développement rapide que l'industrie minière y a pris depuis cette époque doit être attribué à l'adoption de la loi de 1859, sur les mines, loi reposant sur les principes généraux de la loi française de 1810. La possibilité, pour les plus diligents, d'exploiter les richesses minérales de l'île a eu l'effet le plus heureux et, dans l'espace de quarante ans, le nombre des mines régulièrement exploitées s'est élevé à une quarantaine avec une production de la valeur totale d'environ vingt millions de francs.

Dans les premiers temps, l'industrie minérale étant encore presque inconnue, les exploitants des mines de zinc de la Sardaigne bornaient à utiliser les minerais de première qualité, qu'on pouvait aisément retirer des gisements vierges, qu'on découvrait chaque jour, par un simple triage à la main, en rejetant dans les décharges tout ce qui ne pouvait pas donner immédiatement un bénéfice assuré.

Les premières préparations mécaniques ont été, au début, construites par des ingénieurs allemands sur les modèles classiques du Hartz, de Freiberg et de Pzibram. Ce n'est qu'en 1880 que la Sardaigne commença à s'émanciper de ses maîtres et à se frayer une nouvelle voie dans cette industrie. On a été porté naturellement à reprendre les déchets provenant des exploitations des minerais de choix et à attaquer le problème de l'utilisation des gisements pauvres ou des minerais mixtes qui ne donnaient au triage aucun produit marchand.

Pour se faire une idée exacte des progrès accomplis en Sardaigne dans l'industrie de la préparation mécanique des minerais, il suffira de rappeler qu'en 1875 on n'y comptait que 11 usines qui disposaient de 280

chevaux dynamiques de force avec 408 ouvriers, tandis que, en 1900, les usines se trouvent portées à 32 avec 2.000 chevaux de force environ, et 1.924 ouvriers, traitant 150 tonnes de minerai complexe par heure. Une grande usine pour calamine et une pour blende sont actuellement en construction à Malfidano et à Gennamari.

Toutes les principales sociétés de mines de la Sardaigne se sont prêtées avec ardeur à ce mouvement d'améliorations progressives et quelquefois avec des avances considérables de capitaux ; mais on doit signaler comme la plus méritoire, la *Société de Monteponi* et surtout son intelligent directeur, M. Ferraris, auquel personnellement sont dus les principaux perfectionnements des systèmes et appareils employés. Déjà en 1887 se dessinait à Monteponi, d'une façon remarquable, l'évolution qui devait avoir lieu dans la région ; on créait une grande laverie de calamine étudiée avec le plus grand soin en profitant de l'expérience acquise, et exécutée entièrement par les usines du pays sur des dessins et des modèles nouveaux.

Cette laverie fut construite pour traiter 20 tonnes par heure de matières calaminaires à la teneur de 13 à 14 % de zinc et pour produire des calamines calcinées à 46 %.

Depuis 13 ans d'exercice, les perfectionnements qu'on y a apportés ont permis de maintenir la même production de minerai lavé qu'auparavant, bien que la teneur des matières à traiter soit tombée à 10 %.

Bien que les progrès constatés soient remarquables, les ingénieurs de Sardaigne pensent qu'il y a bien encore de nouveaux champs d'activité à exploiter. Leur attention se porte maintenant sur les minerais complexes soit bruts, soit obtenus comme sous-produits des usines de préparation mécanique existantes.

On s'occupe, dans ce moment, surtout des minerais mixtes, auxquels nous avons déjà fait allusion, au moyen d'appareils qui soient en mesure de traiter convenablement des sables fins et des boues produites par le broyage poussé aussi loin que possible.

Le traitement des sous-produits des laveries de minerais oxydés a été inauguré à Monteponi au commencement de cette année pour la séparation des mélanges de silicates de zinc, limonite et dolomies zincifères, qui, ayant presque le même poids spécifique, ne se prêtent pas à la séparation par les appareils hydrauliques. On y accomplit par conséquent un travail à rebours en commençant à griller les minerais dans des fours rotatifs et en passant ensuite les minerais grillés aux trieuses électro-magnétiques qui enlèvent le minerai de fer avec le peu de plomb qu'ils renferment et on procède finalement au lavage dans des appareils hydrauliques clos. Ceux-ci délayent les dolomies et concentrent, dans des boues et des grenailles, les minerais de zinc marchands.

Puis M. PELLATI résume le mémoire qui a été distribué aux membres du Congrès. Il termine en faisant remarquer que c'est aux mines de Monteponi que les plus grands progrès ont été accomplis, grâce à l'initiative de leur directeur, M. Erminio Ferraris, auquel il en reporte tout l'honneur.

M. PELLATI reprend place au fauteuil présidentiel.

M. DE CATELIN fait la communication suivante :

**Méthode de séparation magnétique
de la Société anonyme des Mines de Mechernich
(Mechernicher Bergwerks-Actien-Verein)**

Par M. DE CATELIN

PRINCIPE DE LA SÉPARATION

Deux électro-aimants de forme cylindrique, montés sur des axes horizontaux, sont placés l'un au-dessus de l'autre et presque verticalement superposés, de telle manière que le pôle positif de l'aimant supérieur se trouve en face et au-dessus du pôle négatif de l'aimant inférieur, tandis que le pôle négatif de l'aimant supérieur est au-dessus et en face du pôle positif de l'aimant inférieur.

Entre les deux pôles se forme un champ magnétique de grande concentration qui atteint son maximum dans le plan mené par les axes des deux cylindres, et qui diminue d'intensité au fur et à mesure qu'on s'éloigne sur la périphérie du cylindre, de la génératrice déterminée par ce plan.

La surface des pôles supérieurs est striée ; celle des pôles inférieurs est recouverte d'un isolant pour éviter l'effet magnétique.

L'alimentation de l'appareil par le minerai à séparer s'opère sur la génératrice du maximum de concentration, c'est-à-dire à l'endroit où l'intervalle entre ces deux pôles est le plus étroit, et de telle manière que le minerai, distribué en nappe mince, touche les pôles supérieurs.

Ce sont ces pôles qui opèrent seuls le travail de la séparation magnétique.

Ils attirent le minerai magnétique et le laissent tomber au point où, par suite de la diminution du degré d'intensité du champ magnétique, la pesanteur et la

force centrifuge dépassent la force d'attraction de l'aimant.

La disposition de ce champ magnétique offre l'avantage de constituer diverses zones dans lesquelles se groupent des corps d'énergie magnétique égale qu'il est facile de recueillir séparément.

L'appareil peut donc effectuer en une seule opération la séparation de plusieurs minerais présentant des résistances différentes à l'énergie magnétique.

ORGANISME MÉCANIQUE

La force motrice se transmet sur un seul des aimants et la rotation de l'aimant supérieur opère toute la séparation. Tous les autres appareils de transport des matières, telles que les courroies d'alimentation ou celles d'enlèvement des minerais séparés, sont supprimés.

DÉBIT DE L'APPAREIL

Le travail de cette trieuse magnétique est fonction de la largeur du champ magnétique qui constitue la surface de travail, et de la vitesse avec laquelle le minerai passe devant l'aimant.

L'appareil Wetherill emploie, pour la séparation de la rhodonite, 18 mètres de vitesse de courroie, et pour les blendes, 8 mètres de vitesse de courroie.

L'appareil de Mechernich utilise pour la rhodonite 30 mètres de vitesse, et son effet est d'autant meilleur que la vitesse est plus grande.

Ce résultat, qui n'avait été atteint jusqu'ici par aucun autre appareil, est dû à ce que la vitesse de la périphérie de l'aimant communiquée au minerai diminue l'effet de la pesanteur sur ce dernier, et facilite ainsi l'attraction magnétique qui, par elle-même, demande peu de force.

Un appareil Mechernich, avec pôles de 30 centimètres

de largeur, passe, pour la séparation de la rhodonite seule, et pour des grains de $\frac{3}{4}$ de millimètre, de 6 à 8 tonnes en 10 heures de travail. Pour la séparation de rhodonites et de blendes réunies, environ 3 à 4 tonnes.

Avec 40 centimètres de largeur de pôles, on passe environ 10 tonnes par 10 heures pour la séparation de la rhodonite.

ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Le rapprochement des pôles permet, comme nous venons de le dire, de réduire au minimum la dépense d'énergie électrique nécessaire au fonctionnement des électro-aimants, et la rhodonite est attirée à 60 watts, la blende à 200.

SÉPARATION

L'effet d'attraction s'opère sur environ un quart du segment du pôle ; grâce à cette disposition, on peut, comme nous l'avons dit plus haut, obtenir jusqu'à quatre catégories de produits, classifiés d'après leur degré de résistance, à l'attraction magnétique.

Le cas le plus général est celui où on se propose d'enrichir une seule matière : on fera alors deux classes, la première qui ne comprendra que des produits très purs, et la seconde des minerais mixtes, c'est-à-dire des grains contenant encore en mélange intime les deux matières qu'il s'agit de séparer. Ces derniers seront rebroyés plus finement et passés encore une fois au séparateur ; on obtient ainsi des rendements très satisfaisants.

Dans l'appareil Wetherill, les morceaux mixtes ne peuvent pas être isolés et restent, soit avec les matières enrichies, soit avec celles qui sont rejetées : dans le premier cas, on n'obtient que des produits impurs, dans le second, on subit des pertes sensibles en métaux.

AVANTAGES DE LA MÉTHODE

En résumé, cet appareil réunit les avantages suivants :

1° L'alimentation du champ magnétique ayant lieu par une plaque réglable qui amène le minerai jusqu'à la zone de maximum d'intensité, le rayon d'attraction est réduit à la grosseur même du minerai, qui varie pour les minerais de Brokenhill, par exemple, entre un et deux millimètres et demi;

2° La suppression des courroies de transport laisse à l'aimant son plein effet, et l'énergie magnétique est exactement proportionnelle au nombre d'ampères développés sur la bobine ;

3° La possibilité de faire dans une seule opération plusieurs classes de minerais ;

4° La simplicité de l'organisme.

Pour ces motifs, il se recommande à l'attention des industriels.

M. PETITJEAN fait la communication suivante :

Je veux, Messieurs, en qualité de vieux haveur, exprimer le regret de ne m'être pas trouvé ici, hier, pour entendre la communication de mon honorable collègue, M. P. Fayol.

Je dis que je suis un vieux haveur parce que j'étais ingénieur en chef des mines de Blanzey en 1869, lorsque, sur le récit de journaux anglais, je suis allé aux environs de Glasgow voir une première machine à haver employée dans une mine voisine de la capitale de l'Ecosse : c'était la machine Boerd ; j'ai été reçu avec le plus grand empressement, et comme les Anglais savent recevoir les étrangers.

On me fit descendre dans une mine où il y avait une couche de houille très homogène, de 0^m,80 d'épaisseur, avec mur et toit splendides, comme solidité et régularité. L'inclinaison n'était que de 5 à 6°. La machine était assez simple : elle était composée d'un moteur à air comprimé placé sur un châssis à la voie de la mine et très peu élevé au-dessus du sol. Un pignon moteur et une roue actionnaient une chaîne de Galle placée au-dessous du châssis. Cette chaîne s'enroulait sur un bras rigide formé de deux flasques en tôle entre lesquelles pouvait se mouvoir la chaîne. Ce bras rigide était placé à angle droit sur l'un des longs côtés du châssis et faisait saillie de 90 centimètres de longueur ; sa largeur était de 30 centimètres. La chaîne était armée de couteaux répartis de distance en distance, sur sa longueur, et de différentes hauteurs ; le plus épais avait 7 centimètres et le plus petit 1 centimètre.

La coupure faite par eux était pratiquée à 20 centimètres au-dessus du mur de la couche. Le bras étant rigide, on était obligé de commencer l'attaque par la paroi d'une traverse perpendiculaire à la galerie dans laquelle allait se mouvoir la machine, la vitesse d'entraînement de la chaîne était à peu près de 25 à 30 centimètres par seconde ; il ne se produisait pas de poussière gênante.

Je fus émerveillé de l'opération ; on fit 45 mètres de coupure de 0^m,70 de profondeur en une heure et demie ; la rainure était superbe de régularité et permettait d'y introduire, en arrière du bras, des cales en bois pour que la rainure reste ouverte.

J'étais enchanté et je me disais que dans les belles couches de Blanzky, en première tranche, tout au moins, l'application en serait facile. Je pensais vraiment rapporter à Blanzky la fortune, parce que, à cette époque-

là, le menu se vendait 8 francs et le gros 20 francs la tonne.

Très heureux d'avoir vu cette machine ayant donné $\frac{4}{5}$ de gros sur les 45 mètres coupés et abattus par une série de coups de mine placés au toit, je m'informai si on en connaissait d'autres en Angleterre. Ayant appris qu'à Manchester on tentait l'emploi de la machine Wistanley, aussi du nom de l'inventeur, j'y allai de suite. Elle opérait aussi par couteaux placés à la circonférence d'une roue de 1^m,20 de diamètre. Seulement, cette roue, au lieu d'être comme dans la machine Boerd, immuable dans sa position par rapport au châssis, pouvait, au moyen d'un mécanisme denté, prendre une position même parallèle à la voie sur laquelle son châssis se mouvait ; on pouvait donc faire varier la position et attaquer le front de taille sans avoir besoin de commencer par une traverse.

Ces couteaux, répartis de distance en distance, sur la circonférence, étaient aussi de différentes hauteurs, de manière à pouvoir élargir progressivement la coupure dans le charbon. La pénétration de la roue, dans la houille, était un peu inférieure à la moitié de son diamètre. Comme cette roue avait moins de rigidité et le double de largeur du bras de la machine Boerd, aussitôt que les couteaux rencontraient une partie dure, schistes ou petits rognons de fer carbonaté, elle prenait une position inclinée par rapport à l'horizontale, soit au-dessus, soit au-dessous de l'obstacle, et alors, la résistance devenait telle que le moteur s'arrêtait.

Dans ces deux genres de machines, le châssis était entraîné par une chaîne s'enroulant sur un petit treuil, conduit à la main et fixé à distance à un poteau.

Revenu à Blanz y et après avoir été mis en possession des deux machines, nous avons fait, avec beaucoup de persévérance, différents essais avec plus ou moins

de succès, suivant les points où elles étaient appliquées.

Les journaux industriels en ayant parlé, les essais de havage mécanique, dans les mines de houille, en France, intéressèrent beaucoup M. le Ministre des Travaux publics qui était alors M. Alfred Deseilligny, ancien directeur du Creusot. Ayant eu l'occasion de venir en Saône-et-Loire, il voulut se rendre à Blanz y pour voir fonctionner l'une ou l'autre de ces machines.

Je le fis descendre dans la mine, au puits Sainte-Eugénie, où j'avais fait préparer un chantier à faire couper par la machine Wistanley.

Elle fut mise en mouvement devant M. le Ministre, mais la marche provoquait d'énormes quantités de poussière extrêmement gênantes, accompagnées de pas mal de bruit, augmenté tellement par la rupture d'un tuyau en caoutchouc amenant l'air comprimé, que la panique s'empara des assistants, si bien que j'ai eu beaucoup de peine à ramener dans le chantier ceux qui s'en étaient éloignés, ne se rendant pas bien compte de ce qui s'était passé. Tous ces essais furent continués, par la suite, avec beaucoup de persévérance ; mais les difficultés pratiques démontrèrent bientôt que le problème du havage mécanique avec ces machines n'était pas encore résolu.

J'ai quitté Blanz y, quelques années après, ayant toujours cherché à améliorer ces machines, mais sans succès. M. F. Mathé, qui m'a remplacé à la direction technique des mines de Blanz y, et qui comprenait l'importance qu'avait pour cette mine le havage mécanique, a essayé de modifier ces machines ; on en a construit plusieurs en cherchant à corriger les défauts des premières ; mais jusqu'à présent, les résultats ont été tels, qu'on n'a pas continué à se servir de ces

appareils ; il faut donc chercher autre chose pour abattre le charbon mécaniquement.

Ma conclusion est celle-ci : c'est que je prie les collègues qui m'écoutent et qui désireraient tenter encore le havage mécanique, de bien se souvenir qu'il faut en quelque sorte un gisement exceptionnel de régularité et d'homogénéité avec un mur et un toit excellents ; il faut aussi ne pas perdre de vue les dispositions de la population ouvrière dans les mains de laquelle ces machines doivent être placées.

Je vois que M. Fayol qui, lui aussi, a construit, il y a quelques années, une machine pour Blanzzy, s'est pénétré des inconvénients des machines fonctionnant avec des lames larges.

Avec le dispositif qu'il vous a montré et qui est encore sous vos yeux, il a voulu éviter la torsion que les lames larges prennent sous le moindre obstacle qu'elles rencontrent. Pour éviter cet inconvénient, il a fait une espèce de couteau ayant peu de largeur. Je lui souhaite bon succès.

En tout cas, la question de l'abattage du charbon, mécaniquement, reste une question des plus intéressantes, surtout en présence de l'augmentation constante des salaires. Elle mérite toute l'attention des exploitants, mais c'est un problème très difficile.

M. Chr. BUISSON fait la communication suivante :

Note sur la préparation des charbons.

Par M. Chr. BUISSON,
Directeur des Houillères de Commentry (Allier).

A leur sortie de la mine, les charbons sont l'objet de nombreuses et diverses manutentions destinées à les classer, les épurer ou les transformer suivant les demandes d'une clientèle à laquelle le service commer-

cial tient toujours à donner satisfaction dans la plus large mesure possible.

Ces manutentions peuvent se diviser en quatre groupes principaux :

- 1° Classement en diverses grosseurs ;
- 2° Epuration à la main de toute la partie au-dessus d'une grosseur déterminée ;
- 3° Epuration par le lavage des menus ;
- 4° Transformation en cokes et agglomérés.

Les diverses opérations nécessaires pour arriver aux résultats cherchés sont obtenues au moyen de dispositions multiples et diverses, grâce auxquelles chaque mine cherche à réaliser le travail le mieux fait et le plus économique. Si les opérations des deux derniers groupes ci-dessus sont facultatives pour l'exploitant, on peut dire que celles des deux premiers sont toujours nécessaires.

A l'occasion du Congrès des Mines et de la Métallurgie, une revue sommaire et rapide des dispositions généralement adoptées pour cette catégorie de manutentions, dont l'ensemble constitue la préparation mécanique des charbons, ayant paru présenter un certain intérêt, nous résumons quelques observations sur cette question qui, à des points de vue particuliers ou généraux, a donné lieu à bien des notes et descriptions. La note que nous présentons n'a donc qu'un intérêt relatif et restreint.

EMPLACEMENT DES ATELIERS

Les ateliers de criblage et de triage sont généralement placés très près des puits d'extraction. Dans beaucoup d'installations (dans le bassin du Nord et Pas-de-Calais notamment) ils se trouvent dans le même bâtiment qui abrite le puits et la machine d'extraction.

Dans plusieurs même, les appareils verseurs des bennes sont placés à quelques mètres seulement de l'orifice du puits, de façon à réduire au minimum la distance que les ouvriers ont à faire parcourir aux bennes sortant des cages pour arriver aux culbuteurs. Il en résulte une économie sensible de main-d'œuvre, les receveurs du puits pouvant facilement verser les berlines pendant le temps d'une cordée.

Dans d'autres installations, une aussi grande proximité des appareils de criblage n'est nullement recherchée. Elle a l'inconvénient sérieux d'amener, avec certains charbons, une poussière considérable à la recette du puits, dans la salle même de la machine d'extraction, ainsi que dans celle des machines diverses (compresseurs, ventilateurs, dynamos, pompes, etc.) qui, dans les puissantes installations du Nord et du Pas-de-Calais notamment, font toujours partie d'un siège d'extraction et sont groupées dans une partie du bâtiment d'ensemble. Dans quelques installations que nous avons vues et où le criblage des charbons était bien séparé de la fosse proprement dite, il nous a été exprimé un regret de ce que cet atelier n'ait pas été placé encore plus loin des bâtiments de la fosse et des machines. Il y a lieu, croyons-nous, de tenir compte, en effet, de la nature poussiéreuse des charbons, et les frais de main-d'œuvre supplémentaire pour conduire les bennes de la recette aux appareils verseurs, frais qui, pour une fosse produisant 1.000 tonnes par jour, varieront entre 0,02 et 0,03 par tonne, peuvent être compensés par les avantages trouvés dans la facilité d'entretien et de nettoyage des locaux et machines d'où la poussière est éloignée.

Dans d'autres cas, il y a intérêt à concentrer dans un atelier central de préparation mécanique les charbons sortant des diverses fosses d'une même mine. C'est

ce qui a lieu à Mariemont, à Decize, à Commentry, etc., etc.

Des tractions mécaniques fort simples, demandant un entretien très minime, existent d'ailleurs dans nombre de mines à l'effet de réduire la main-d'œuvre afférente à ce transport.

L'emploi des tractions par chaînes flottantes est très développé à Mariemont et à Bascoup. Le trainage mécanique qui réunit la production totale des diverses fosses d'extraction aux ateliers centraux de triage, forme un ensemble de plus de 6.000 mètres de voies à Mariemont et 2.650 mètres à Bascoup.

A Decize, les charbons sont conduits à l'atelier central de triage et lavage à l'aide de trains de petits wagons remorqués par des locomotives et dans lesquels les bennes sont culbutées aux divers puits d'extraction.

A Commentry, avant la concentration de toute l'extraction au seul puits existant aujourd'hui, les bennes extraites des six puits en service étaient embarquées sur des trains composés d'une série de plates-formes pourvues de deux files de rails (Industrie minérale, tome XI, 1897). Chaque train emportait ainsi 82 bennes pleines et ramenait le même nombre de vides.

Aux Houillères de Saint-Etienne, à l'atelier de criblage et triage du puits Mars que des conditions multiples ont amené à établir à une assez grande distance du puits, c'est par la gravité seule que les bennes y sont conduites. La voie des bennes pleines a une pente moyenne de 18 millimètres assurant le roulement de celles-ci, quel que soit l'état de graissage plus ou moins satisfaisant. Une disposition particulière existe pour ralentir la vitesse que, sur cette pente, arriveraient à prendre nombre de bennes très bien graissées. En deux points de la longueur de la voie reliant l'atelier au puits et à l'intérieur de celle-ci sont placées deux cornières,

A, A' (PL. XVII, FIG. 1), pouvant tourner autour de 00' et tendant à s'appliquer à leur autre extrémité contre le rail par l'effet d'un contrepoids P placé sous le plancher et agissant sur le levier L à trois branches. Les cornières frottent contre la face intérieure des roues, modérant la vitesse trop grande acquise par suite de la pente. Par tâtonnement, le contrepoids P est réglé au mieux de la résistance moyenne à opposer pour le ralentissement désiré. Ce moyen simple donne complète satisfaction.

Les bennes descendant d'une façon continue du puits à l'atelier de criblage, leur retour à ce dernier est assuré en les élevant, au départ de l'atelier, de la hauteur verticale suffisante pour qu'elles se rendent seules au puits sous l'influence de la gravité ; le roulage a lieu sur une voie à pente de 22 millimètres. L'élévation verticale est obtenue par une courte rampe sur laquelle est installé un releveur constitué de la façon suivante (Voir PL. XVII, FIG. 2) :

Une chaîne Galle G à longs maillons passant sur des tambours polygonaux porte des équerres A enfilées sur les axes. La chaîne est animée d'une vitesse régulière et la branche verticale de l'équerre, en atteignant l'essieu d'une benne poussée à l'entrée de la rampe, entraîne celle-ci jusqu'au sommet où elle trouve la voie descendante la conduisant à la recette du puits.

Aux mines de Saint-Eloy, de Commeny, la traction des bennes se fait sur des voies horizontales ou en rampe. Celles-ci sont entraînées par une chaîne sans fin (PL. XVII, FIG. 3) dans laquelle, à une distance régulière, le maillon ordinaire de la chaîne est remplacé par une pièce trapézoïdale A venant attraper la benne par son essieu et l'entraînant dans son mouvement continu donné par une poulie à empreintes placée en dessous, à l'extrémité de la voie. Une gaine, qui doit être parfaitement établie, sert de guide et d'enveloppe protectrice

de la chaîne dont les crochets seuls font saillie. Ce mode de traction s'applique non seulement sur des voies horizontales, mais également sur celles en forte rampe. Il fonctionne fort bien en ne donnant lieu qu'à un entretien minime. Il ne convient que pour des voies en ligne droite. A Commentry, les chaînes en question ont une durée de cinq à six ans, les poulies à empreintes devant être remplacées au bout de trois ans et demi seulement.

APPAREILS VERSEURS

Les appareils auxquels sont conduites les bennes pour être versées dans les trémies précédant les cribles sont de deux sortes principales :

1°. — Le culbuteur (PL. XVII, FIG. 4) dans lequel la benne pleine amène le centre de gravité à être un peu au-dessus de l'axe de rotation de l'appareil et le met en équilibre instable. Celui-ci bascule brusquement d'une façon générale, la benne se vide, et le centre de gravité se trouvant abaissé en dessous de l'axe, l'appareil revient sur lui-même et reprend la position première. Ce culbuteur, encore très employé dans nombre de houillères, tend de plus en plus à être abandonné.

Il est d'une brutalité grande, ménage peu le charbon qui tombe brusquement en masse, en donnant lieu à un nuage de poussière et en amenant un bris notable du gros. Il est, à son avantage, d'une extrême simplicité, d'un prix peu élevé, et ne demande aucun moyen mécanique pour être actionné.

2° Le verseur mécanique (PL. XVII, FIG. 5). Une cage cylindrique, à axe horizontal, d'une longueur un peu supérieure à celle de la benne, est constituée par deux couronnes qui, reliées l'une à l'autre, sont supportées par des galets montés sur deux arbres parallèles dont l'un peut être actionné à volonté au

moyen d'un embrayage. Le mouvement de rotation de l'arbre ainsi actionné entraîne celui de l'appareil dans lequel la benne a été placée et celle-ci est versée latéralement aussi doucement que l'on veut.

L'emploi du verseur mécanique se répand de plus en plus, son fonctionnement ne laissant rien à désirer. Il dépose le charbon sans le briser, fonctionne sans choc, sans bruit. L'embrayage qui le met en mouvement présente diverses dispositions, galet de friction, embrayage Mogy, etc... ; il est mis en action par l'ouvrier, mais il est toujours supprimé automatiquement, lorsque le verseur a effectué une révolution complète. Quelquefois, pour donner le temps au charbon de s'écouler, un temps d'arrêt se produit automatiquement au milieu de la révolution.

La disposition de ce verseur favorise la rapidité des manœuvres, la benne entrant d'un côté et pouvant sortir par celui opposé, permettant ainsi d'affecter des voies toujours différentes aux bennes pleines et aux bennes vides. Il peut être disposé de manière à verser plusieurs bennes à la fois. A la fosse n° 12, des mines de Lens, on emploie des verseurs d'une longueur suffisante pour recevoir quatre bennes qui sont vidées ensemble dans la trémie en dessous. Cette disposition ne nous paraît avantageuse que pour des fosses à très forte production et fournissant des charbons d'une qualité régulière, ne nécessitant pas à la recette du puits un triage important des bennes de diverses qualités faites à l'intérieur, comme cela a lieu dans la plupart des mines du Centre. A Commentry, par exemple, l'intérieur classe en trois qualités qui arrivent indistinctement à la recette. A la sortie de la cage, chaque benne, suivant la marque qu'elle porte, est aiguillée sur la voie correspondant au verseur qui devra la recevoir.

Un type particulier d'appareil où le versage des bennes a été réalisé indépendamment du mouvement mécanique est le culbuteur Marsaut, employé à Bessèges (Pl. XVII, Fig. 6). Le corps du verseur mécanique, précédent, après avoir reçu la benne, au lieu de tourner sur place, est roulé à bras avec celle-ci, laquelle se déverse latéralement. Le culbuteur est ensuite ramené à son point de départ. Cet appareil nécessite une voie spéciale en contrebas du plancher général et un emplacement considérable. Son emploi ne s'est point propagé.

CRIBLAGE

Les charbons versés dans les trémies placées sous les verseurs sont alors séparés en un nombre plus ou moins grand de qualités de différentes grosseurs.

Classification. — Cette classification amène une foule de subdivisions qui reçoivent des noms différents suivant chaque région et même parfois chaque mine. Il en résulte une nomenclature fort complexe qui donne lieu à des difficultés regrettables dans les comparaisons. Il est certain que l'on ne peut songer à unifier pour toutes les mines les dimensions du criblage, mais il serait fort désirable d'arriver à désigner partout chaque sorte par une expression qui donnerait à tous une idée exacte du produit.

Dans le Nord, on trouve les sortes : *grosse gailletterie*, *petite gailletterie*, *tête de moineau*, *fin*, etc ; Dans le Centre, on a : le *gros*, le *gailletin*, la *gaillette*, la *brazizette* ; dans la Loire, ce sont : les *débris*, les *dragées*, les *chatilles*, les *noisettes*, les *fin* *fin*, les *menus grenus*, les *malbrougs*, etc., etc...

Nous comprenons bien qu'au point de vue commercial, les habitudes d'une clientèle connaissant ce

qu'elle demande sous ces dénominations multiples ne doivent point être trop troublées. Mais il nous semble que des modifications heureuses pourraient être admises sans difficultés. Nous pensons qu'une nomenclature comprenant par exemple quatre sortes principales : *gros*, *mi-gros*, *menu* et *tout-venant*, devrait être suffisante. Pour les subdivisions aussi multiples qu'on voudra, il serait entendu qu'on ferait suivre l'un des noms ci-dessus de l'énoncé des diamètres entre lesquels la sorte est comprise. Ainsi, la gaillette de Commentry qui est criblée de 20 à 55 millimètres serait dénommée : *Mi-gros 20-55*. Il en serait de même pour les dragées, gailletins, noisettes, etc... Si le terme *mi-gros* ne semble point le meilleur, qu'il en soit pris un parmi les précédents, mais qu'il soit généralisé pour toutes les mines.

CRIBLES

Le criblage des charbons s'effectue sur deux types principaux de cribles :

- 1° Les cribles fixes ;
- 2° Les cribles mobiles.

CRIBLES FIXES. — Les cribles fixes à tôles perforées tendent à être abandonnés, surtout lorsqu'on veut y passer un tonnage important. La pente qu'ils exigent et la longueur nécessaire pour un bon criblage demandent une hauteur grande entre le haut et le bas du crible. La descente régulière du charbon y est mal assurée et nécessite généralement l'aide d'un petit ouvrier. Leur débit est en outre très faible. Si dans nombre d'anciennes installations de la Loire, et ailleurs également, ils continuent à être employés, on envisage toutefois la possibilité et la convenance de les remplacer, mais la transformation est parfois difficile.

Cependant, aux mines de Montrambert notamment, la préférence donnée aux cribles fixes est et paraît bien devoir rester acquise. Cette préférence provient de l'adaptation simple et facile de ces cribles à la disposition de principe, bien rationnel d'ailleurs, qui est adoptée pour le triage et que l'on tient essentiellement à conserver.

Les cribles fixes sont bien employés, étant alors à barreaux à large écartement, 0^m, 12 et 0^m, 15, pour la séparation rapide de la grosse gailletterie. Une longueur de 1 mètre à 1^m, 50 est suffisante et les gros morceaux seront de suite éliminés de la grande masse du reste du charbon qui est alors traitée par des cribles mobiles. L'emploi d'une grille fixe à large écartement est très répandu dans le Nord et le Pas-de-Calais. Elle est généralement placée au-dessus des cribles mobiles et transversalement à ceux-ci, de façon à rejeter latéralement en dehors de ces appareils suivis de tables de triage, les très gros morceaux qui font une qualité spéciale et ne nécessitant pour ainsi dire aucun triage. C'est moins un crible qu'une simple grille éliminatoire.

CRIBLES MOBILES. — Les cribles mobiles, qui se répandent de plus en plus, sont de types bien divers qui peuvent se classer en deux sortes distinctes suivant qu'ils sont à barreaux ou à tôles perforées.

Grille Briart. — La grille Briart est le type bien connu des cribles à barreaux mobiles (1). Le mouvement de soulèvement alternatif des barres amène une descente régulière du charbon sur la grille incliné de 8 à 10°, en même temps qu'une séparation rapide de tout ce qui peut passer dans l'intervalle des barres.

(1) *Revue universelle des Mines*, 2^e série, tome III.

Au point de vue du criblage, on peut dire que la grille Briart donne un résultat parfait, le produit est absolument bien débarrassé de toute partie menue ; elle permet de réduire au minimum la hauteur verticale nécessaire au criblage, elle fonctionne sans bruit, ce qui est fort appréciable, et ne donne point lieu à des chocs et vibrations dans l'ensemble de l'installation. On lui a reproché de donner un calibrage moins bon au criblage, les morceaux longs mais étroits, étant susceptibles de passer entre les barreaux. Quant à la tendance au cisaillement, qui a été une objection faite, nous la croyons peu importante, si la hauteur des barres est bien en rapport avec l'écartement et l'amplitude du mouvement de soulèvement. Toutefois, ce défaut existe bien pour les petites dimensions de criblage et au-dessous de 40 millimètres, cet appareil n'est guère à conseiller.

La grille Briart est d'un usage fort répandu en Belgique, et dans le nord de la France ; les mines de Lens l'emploient à peu près exclusivement. Dans le centre et le midi, elle l'est peu. Elle se prête moins bien, en effet, aux subdivisions simultanées multiples demandées pour les charbons, la superposition de grilles Briart étant moins facile.

Grille à rouleaux. — (PL. XVII, FIG. 7.) Dans le but de supprimer les inconvénients reprochés à la grille Briart, calibrage inégal, cisaillement des morceaux, on a réalisé la grille à rouleaux. Cette dernière, encore peu répandue, est très employée aux mines de Béthune.

Sur deux longerons inclinés à 0^m , 17 par mètre est disposée une série de 13 rouleaux de 80 millimètres de diamètre, à 150 millimètres d'écartement d'axe en axe. Ils laissent donc entre eux un espace libre de 80 millimètres. Par l'intermédiaire d'une chaîne Galle,

ces rouleaux sont tous animés d'un même mouvement de rotation dans le sens de la descente. Perpendiculairement aux rouleaux et en dessous de ceux-ci est disposée une série de barreaux plats $\frac{160}{20}$ laissant en-

tre eux un intervalle de 80 millimètres. L'ensemble de ces barreaux formant cadre peut tourner autour d'un axe fixe placé à l'extrémité inférieure, tandis que celle supérieure reçoit un mouvement de soulèvement par deux excentriques comes. En face des rouleaux, les barreaux présentent une échancrure demi-circulaire leur permettant de s'élever de façon à ce que la face supérieure arrive à hauteur de la génératrice supérieure des rouleaux. L'amplitude du mouvement est réglée de manière à ce que le dessus des barreaux dans la partie haute du crible ne s'abaisse pas en dessous de l'axe des rouleaux. Dans la position supérieure des barreaux, l'ensemble présente l'aspect d'une grille à trous carrés de 80 millimètres (cette dimension peut être différente suivant l'étude faite pour l'installation), sur laquelle le mouvement des rouleaux entraîne le charbon. Les morceaux longs et étroits, mais ayant plus de 80 millimètres, ne pourront traverser la grille dans quelque sens qu'ils se présentent, étant retenus soit par les rouleaux, soit par les barreaux. Le mouvement oscillatoire de ces derniers facilite le dégagement de la grille. Il ne peut y avoir cisaillement, les morceaux ne pouvant descendre en dessous de l'axe des rouleaux. L'appareil fonctionne sans choc et sans bruit.

La combinaison est certainement ingénieuse. On peut lui reprocher une complication mécanique un peu grande, mais les résultats obtenus sont très bons, et l'emploi de ce système à Béthune va y être étendu.

Grille Brice. — Nous signalerons encore la grille Brice qui fonctionne aux mines de Nœux. C'est une grille à barreaux où ceux-ci au lieu d'être groupés, comme dans la grille Briart, en deux séries (rangs pairs, rangs impairs), reçoivent chacun un mouvement de soulèvement différent, ce mouvement étant donné par un arbre à coudes multiples. L'ensemble de la grille présente ainsi une surface ondulée où les ondulations, variant comme amplitude, font descendre le charbon. Cette disposition évite bien la tendance au cisaillement, mais elle est fort complexe au point de vue de la commande, et l'exécution d'un arbre à coudes aussi multiples que le nécessite le nombre de barreaux, doit présenter une grande difficulté.

Crible à secousses. — La table à secousses est le crible mobile le plus répandu. Les dispositions diffèrent dans nombre de détails. Dans le type le plus usuel, les diverses tôles perforées sont superposées, leur nombre dépassant rarement trois.

Une disposition consiste à placer les diverses tôles à dimensions variables successivement à la suite les unes des autres. Les parties les plus fines sont éliminées sur les premières tôles, les plus grosses cheminant jusqu'à l'extrémité du crible. Le trajet de ces dernières est augmenté et peut faciliter le bris des morceaux. La FIG. 1 de la PL. XVIII donne la disposition des cribles employés à la fosse n° 5 des mines de Nœux. Des toiles de transport perpendiculaires au crible recueillent les diverses grosseurs, qui sont, suivant les cas, soumises à un triage à la main ou transportées directement jusqu'au couloir de chargement.

Aux mines de Béthune (fosse n° 9), on trouve une autre disposition de cribles placés en longueur (FIG. 2

PL. XVIII). Chaque appareil est constitué par une grille Briart B sur laquelle déverse la toile distributrice et qui élimine la grosse gailletterie au-dessus de 80 millimètres. Sous cette grille, un couloir à secousses reçoit le menu 0-80 et le déverse sur un premier crible à secousses C à deux grilles superposées ayant 70 et 15 millimètres. Le 70/30 est reçu sur une toile de transport et triage, et le 15/70 est déversé sur un second crible C' à la suite du premier donnant la grosseur 70/50 sur une seconde toile, la partie 50/15 étant déversée sur un troisième et dernier crible C" pouvant, comme le premier, être à deux grilles donnant du 50/30 et du 30/15.

Le trajet du charbon pour les sortes les plus petites est augmenté, et la surface occupée plus grande, mais la combinaison des diverses toiles qui doivent recueillir les produits du criblage et en permettre le triage est simplifiée, donne tout l'espace nécessaire pour faciliter le travail et s'adapte parfaitement à cette disposition des cribles en longueur.

Les cribles à secousses à une ou plusieurs grilles superposées sont commandés par deux bielles attelées d'une part sur un arbre coudé ou sur deux excentriques, et de l'autre à deux tourillons fixés sur les longerons. Ils sont suspendus généralement par de simples tiges ou chaînes. Le poids d'un crible est assez important et le nombre des oscillations étant considérable, 130 à 160 généralement, il en résulte des vibrations fortes et nombreuses. Aussi, le massif sur lequel est fixée la transmission doit-il être établi avec une masse importante. Les inconvénients de ces nombreuses vibrations sont grands et on a cherché à y remédier par diverses dispositions. La plus simple a été de placer des volants assez lourds sur l'arbre de

commande du crible. On a ainsi obtenu une grande amélioration. L'installation des paliers de l'arbre commandant le crible sur des pièces de bois dont les extrémités seules sont prises dans les massifs en maçonnerie et qui présentent une certaine élasticité à la flexion font aussi que les vibrations sont fortement atténuées, sinon supprimées. L'installation qui a été faite aux mines de Decize est des plus concluantes à cet égard. On doit également chercher à avoir des cribles aussi légers que possible.

Un autre dispositif est d'avoir deux cribles opposés ou successifs attelés sur le même arbre et dont les excentriques de commande sont calés à 180° . Les vibrations sont totalement supprimées. Cette disposition de deux cribles opposés ou à la suite l'un de l'autre n'est pas toujours possible. Au lieu d'un crible opposé, on peut disposer un contrepoids convenablement supporté. On arrive au même résultat en subdivisant le crible en deux dans le sens de la hauteur, la moitié supérieure portant une ou deux grilles, celle inférieure portant les autres. Chacune de ces moitiés qui, au repos, paraissent ne faire qu'un seul et même crible, est actionnée par des excentriques calés à 180° sur le même arbre. Cette disposition qui est adoptée aux houillères de Saint-Etienne (puits Mars) donne absolument satisfaction (Pl. XVIII, Fig. 3).

Un type de crible qui, au point de vue de l'installation et des vibrations, présente des avantages, est le crible Coxe. Il est aujourd'hui assez répandu. Cet appareil effectue le criblage dans des conditions se rapprochant de celles du criblage à la main, à l'aide d'un tamis auquel on imprime un mouvement circulaire.

La caisse rectangulaire, comprenant une ou plusieurs tôles perforées, est supportée par quatre galets ou supports de roulement constitués par deux cônes accolés

par leur base (Pl. XVIII, Fig. 4). Ces cônes peuvent librement rouler sur d'autres surfaces, soit planes, soit coniques également, fixées sur un bâti horizontal. Un arbre vertical, actionné à l'intérieur de ce dernier, le traverse au centre des quatre galets supports et vient attaquer le crible par une petite manivelle. Chacun des points du crible décrit une circonférence de même rayon que cette manivelle. Le charbon versé sur la tôle perforée supérieure est promené sur toute la surface du crible et descend, en vertu de l'inclinaison des tôles, aux divers couloirs inclinés par lesquels celles-ci sont terminées.

Le principe sur lequel est basé le crible Coxe est des meilleurs : toute la surface travaille, est utilisée au maximum et le mouvement imprimé étant uniforme et continu, le fonctionnement a lieu sans choc ; les vibrations si fortes amenées par le va-et-vient du crible à secousses ordinaire sont supprimées.

Les dispositions adoptées généralement sont que les couloirs par lesquels se terminent les tôles perforées sont, sauf pour la tôle supérieure, placés transversalement au sens de la pente du crible. Dans le mouvement rapide de giration du crible, le charbon est projeté contre le bord vertical du couloir et il en résulte un certain bris du charbon. Ce bris se produit même, mais à un degré faible, le long de l'un des bords latéraux et aussi sur le reste de la surface criblante, les morceaux, par suite du mouvement imprimé, se choquant souvent entre eux.

Le débit d'un crible ordinaire à secousses ou d'un crible Coxe est considérable. Il est fonction de la pente des tôles, du diamètre des trous et du nombre de tours de l'arbre les commandant. Un crible de dimension moyenne peut passer facilement 25 à 50 tonnes à l'heure en marchant à 150 tours.

Un autre genre de crible mobile est constitué par les trommels. Les mines d'Anzin, de Nœux, de Bessèges, en ont fait un certain nombre d'applications, mais ce type ne s'est pas répandu beaucoup en France.

Les meilleurs trommels sont ceux qui débitent eux-mêmes, c'est-à-dire sans le secours d'une vis placée à l'intérieur. Il suffit pour cela de donner une inclinaison assez grande (4 centimètres par mètre environ) aux génératrices. La vitesse ne doit point dépasser celle pour laquelle le charbon glisse sur un plan incliné et ne roule pas, sinon, il est *moulu*. Le débit est fonction du diamètre et surtout de la conicité.

Le fonctionnement des trommels est très bon au point de vue mouvement. Mais pour arriver à un débit important, on est conduit à des dimensions considérables, la surface de criblage n'étant utilisée que dans la proportion de $1/5$ environ, d'où un appareil très volumineux où le remplacement des tôles perforées est difficile. Malgré toutes les précautions prises, il y a un bris plus grand du charbon, celui-ci étant obligé de cheminer progressivement sur tout le développement de la tôle.

Nous signalerons en dernier lieu le crible Karlick dont un certain nombre d'applications ont eu lieu en Allemagne. En France, il n'a été appliqué, croyons-nous, que dans une houillère du Pas-de-Calais.

La caisse du crible (PL. XIX, Fig. 1), analogue à celle du crible Coxe, est suspendue à un point fixe assez haut et présente ainsi l'ensemble d'un pendule. Un arbre vertical, terminé à son extrémité supérieure par une petite manivelle, imprime au crible un mouvement pendulaire circulaire.

L'inclinaison de chaque tôle sur l'horizon varie pendant la durée d'une révolution, mais la variation

reste toujours très faible ; elle facilite le criblage. Mieux que dans le Coxe, on se rapproche du mouvement réalisé dans le criblage à la main à l'aide d'un crible que l'on agite en l'inclinant successivement dans tous les sens.

Le crible Karlick donne les mêmes résultats que le Coxe, mais son installation est bien moins simple.

Les cribles à secousses doivent être disposés de façon à permettre facilement le changement des tôles perforées afin de modifier à volonté les dimensions du criblage. Bien souvent ce détail laisse à désirer, et pour changer une tôle, il faut commencer par enlever celles qui sont placées au-dessus. Ces diverses tôles sont généralement fixées par quelques boulons qui doivent être enlevés, puis remis, ce qui demande du temps. Aussi, s'arrange-t-on pour ne pas avoir à faire de modifications pendant la durée du poste.

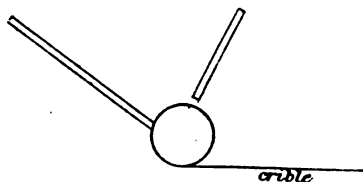
Nous signalerons une disposition très avantageuse à cet égard employée depuis longtemps aux houillères de Saint-Etienne. Dans l'un des longerons du crible, sont percées de longues fentes permettant de retirer les tôles et d'en introduire d'autres à leur place. Celles-ci glissent sur de petites cornières à la façon d'un tiroir et sont pourvues de poignées restant à l'extérieur et permettant de les manœuvrer. Pour bien les fixer sur le cadre en cornière, des verrous sont disposés aux points convenables et manœuvrés à l'aide de poignées placées sur les faces extérieures des longerons. Ce dispositif permet de remplacer, en trois ou quatre minutes, toutes les tôles par d'autres au diamètre demandé.

Il est nécessaire que les tôles des diverses dimensions destinées à un crible soient interchangeable entre elles.

DISTRIBUTEURS

Quel que soit le type du crible que l'on adopte, il est important que le charbon lui soit distribué d'une façon régulière. Dans les cribles fixes, aucune disposition spéciale n'est prise généralement à cet effet, et c'est par intermittence, par l'ouverture à la main d'une vanne, que le charbon vient se répandre sur le crible au bas duquel a lieu le triage.

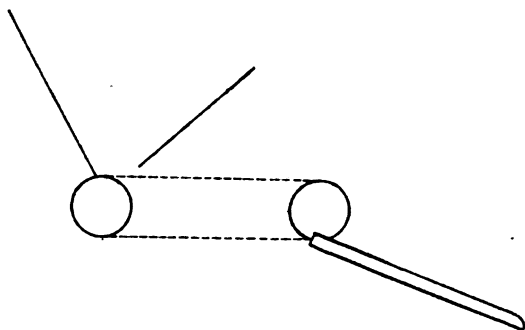
Dans les cribles mécaniques, on installe des distributeurs entre la trémie placée sous le verseur et le sommet du crible. Le plus simple de ces distributeurs est le rouleau qui, au repos, forme barrage au bas du petit couloir incliné à 30° continuant la trémie. Ce rouleau, animé d'un mouvement lent de rotation,



entraîne le charbon et le déverse sur le crible. A Commentry, les distributeurs ont $0^m,60$ de diamètre et tournent à raison de 1,75 tour par minute. Ce dispositif des plus simples donne absolument satisfaction si la pente de la trémie (30° à Commentry) et la saillie du rouleau au-dessus de la tôle sont convenables. Afin de faciliter l'entraînement du charbon, on emploie quelquefois des rouleaux cannelés ; nous croyons que cette modification est peu utile.

Une disposition très employée dans le Nord, et notamment aux mines de Lens et de Béthune, est de placer au bas de la trémie une petite toile transporteuse de 1 mètre à $1^m,50$ de longueur qui débite régu-

lièrement le charbon sur le crible. Ce dispositif est un peu plus compliqué et n'a, croyons-nous, que l'avantage de permettre de regagner tout ou partie de la hauteur verticale que fait perdre l'interposition du



simple rouleau entre le bas de la trémie et le crible. Cette hauteur verticale est toujours faible ; il est facile de la trouver dans l'étude de l'installation et de supprimer la complication de la petite toile de transport.

TRIAGE

C'est à la sortie du crible que le charbon, divisé en plusieurs catégories de grosseurs, est épuré par le triage à la main, lequel triage ne se fait que sur les sortes au-dessus d'une certaine grosseur, 25 ou 30 millimètres. Au-dessous de cette dimension, le triage à la main doit être remplacé par le lavage, seul procédé économique pour une bonne épuration.

Pour les sortes classées entre 25 et 60 millimètres, on a toutefois le choix entre les deux procédés d'épuration. Quel est celui qui doit être préféré ? C'est une question d'expérience dont le facteur important est la teneur en cendres initiale du produit brut et celle à laquelle on veut le ramener. A égalité de résultat obtenu avec une même dépense, l'épuration à la main devra être préférée, le produit obtenu ayant un aspect

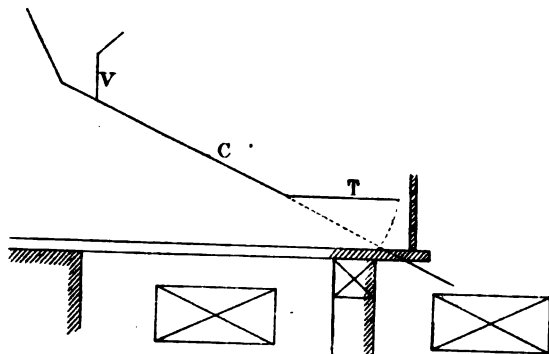
commercial bien préférable, ce qui est un point ayant une grande importance, abstraction faite de la teneur en cendres. Les produits lavés deviennent généralement ternes après séchage et n'ont pas le brillant des charbons secs.

La plupart des mines ont fait des essais pour se rendre compte de l'avantage ou du désavantage qu'elles auraient à trier ou à laver les charbons criblés entre 25 et 60 millimètres. A Commentry, des expériences à plusieurs reprises ont montré un avantage bien marqué en faveur du lavage pour la sorte gaillette 20>55 dont la teneur en cendres est de 25%. Le triage a bien donné un rendement supérieur en gaillette épurée, mais la teneur en cendres moyenne était toujours de 2 unités au moins supérieure, 15 % au lieu de 13 %, obtenue au lavage. En outre, la gaillette lavée a une teneur bien plus régulière que celle de la gaillette triée qui présentait des écarts très importants. Enfin, le prix de revient du triage était bien supérieur.

Une condition nécessaire pour arriver à un bon triage est de faire arriver le charbon en couche mince devant le trieur. On améliorera encore le triage si l'ouvrier a devant lui du charbon régulier comme grosseur. Au point de vue économique, le résultat sera meilleur si tout le personnel trieur est constamment utilisé.

Triage sur table fixe. — La disposition des cribles fixes, adoptée aux mines de Montrambert, permet d'arriver à un triage excellent et aussi soigné que possible pour toutes les qualités propres ou sales.

Le crible C ayant 1 mètre de largeur se termine par une partie mobile T dite table de triage, ayant 1 mètre de largeur. Cette table, parfaitement équilibrée, est maintenue horizontale pendant le triage. Au sommet



du crible, une vanne V dont la commande est à la disposition du trieur, permet à celui-ci de faire sortir de la trémie une certaine quantité de charbon qui se crible en descendant sur la tôle perforée et arrive sur la table ; les deux trieuses (une seulement de chaque côté) l'épurent d'une façon complète en l'étalant sur celle-ci où elle est gardée tout le temps nécessaire. Le triage achevé, elles font incliner la table et le charbon glisse dans le wagon. Le paiement à prix fait des trieuses, d'après le nombre des bennes de rochers triés, est le stimulant au travail, et la qualité du produit en est le contrôle. Ce mode de triage fonctionne d'une façon donnant toute satisfaction aux mines de Montrambert, et les résultats économiques obtenus sont des meilleurs certainement que l'on puisse désirer. Il est estimé par ces mines comme supérieur à tous les autres, surtout si l'on n'envisage point le triage simultané de différentes grosseurs. Au puits Ferrouillat, où l'extraction s'élève à 1.300 bennes par poste, une équipe de 38 trieuses élimine 130 bennes, soit 10 % de pierres ou schistes.

Les cribles ayant 1 mètre de largeur sont groupés par trois qui donnent leur charbon dans le même wagon afin d'arriver à une rapidité de chargement un peu grande. Généralement, ces cribles sont à une seule

grille en tôle perforée donnant du menu en dessous de 30 millimètres et du gros au-dessus de cette dimension. Le menu s'emmagine dans une trémie haute et étroite limitée à la largeur du crible et établie sous celui-ci et où il est pris pour charger les wagons circulant sur une voie en dessous. Le gros trié se rend dans les wagons sur une voie parallèle à l'extrémité du couloir de chargement.

En disposant une seconde tôle perforée en dessous de la première, on peut faire une troisième qualité (chatilles ou grenettes) qui n'est pas triée et est renvoyée par un couloir en sens inverse dans le wagon placé sur la voie des menus, ceux-ci étant chargés par intermittence en vidant les trémies où il s'est accumulé pendant le criblage des gros et grenettes.

Si on fait des tout-venants, une tôle pleine est simplement disposée à une petite distance en dessous de la tôle perforée et reçoit le menu qui se réunit dans le wagon au gros trié sur la table de triage. Il n'y a pas de trémie en dessous de ces cribles.

Chaque groupe de trois cribles est toujours affecté à la production des mêmes sortes criblées, les cribles étant pourvus des tôles perforées voulues. Il résulte de cette disposition la nécessité d'avoir un nombre important d'appareils qui sont occupés ou inoccupés, suivant les besoins des expéditions. L'étendue de l'ensemble de l'installation pour une forte production est-elle aussi très grande.

La disposition se prête mal aux reconstitutions d'une sorte avec une autre, en dehors des menus sortants ou des menus grenus, sorte d'où on élimine seulement le fin ; elle ne permet en outre de faire le triage que sur la sorte donnée par la grille supérieure. Grâce à la multiplication des appareils et aux qualités diverses provenant des couches exploitées, l'écoulement est

assuré en une nombreuse quantité de sortes permettant de donner satisfaction au service commercial.

Le développement important donné par les nombreux appareils nécessaires est compensé par une grande simplicité dans l'installation et l'absence de tout mécanisme, d'où, pour l'entretien général, une économie fort appréciable.

Un atelier de triage conçu sur le principe des cribles à secousses et du triage exécuté sur des toiles transporteuses a bien été installé par la Compagnie des mines de Montrambert, au puits Dyèvre, mais il n'a point donné satisfaction et il en est résulté une défaveur grande vis-à-vis de ce système d'atelier auquel on reproche une main-d'œuvre bien supérieure et un entretien très onéreux. Nous aimons à croire que ce sont des causes particulières, indépendantes du principe même si bien admis aujourd'hui par la généralité des houillères, qui ont amené cette appréciation qui nous a paru un peu trop exclusive.

Triage sur tables mobiles. — Le système de triage sur toiles de transport faisant suite aux cribles mobiles est aujourd'hui excessivement répandu ; on le trouve dans tous les bassins houillers et son emploi tend à devenir général. De nombreuses descriptions des installations faites ont eu lieu dans le *Bulletin* de l'Industrie minérale. Nous nous bornerons à indiquer les dispositions essentielles.

Les ateliers de triage sur toiles de transport ont pour point de départ la séparation du charbon tout-venant en deux, trois, quatre et même cinq qualités, chacune de ces sortes, calibrée par le crible, étant prise par une toile de transport qui, pour les sortes devant être triées, les présente en couche mince aux ouvriers trieurs. Ceux-ci, échelonnés le long des toiles, enlèvent au fur

et à mesure du passage les pierres et les morceaux schisteux. Les diverses qualités, une fois épurées, peuvent à volonté être remélangées, grâce aux toiles accessoires dites de reconstitution, ou être chargées séparément.

La vitesse des tables de triage ne doit pas dépasser 0^m,15 à 0^m,20 par seconde. Ces tables ont la longueur voulue pour pouvoir placer le nombre de trieurs en rapport avec la quantité de charbon à débiter et la quantité de pierres ou parties schisteuses à enlever. Ces dernières, au fur et à mesure de leur enlèvement, sont jetées soit dans de petits vagonnets placés à côté des trieurs, soit sur de petits couloirs les conduisant sur des toiles spéciales les transportant dans une autre partie de l'atelier où elles subissent le travail spécial du déschistage.

Le principe du triage, ainsi exécuté, donne lieu à certaines critiques dont les conséquences n'ont pas l'importance que certains y attribuent.

1° Le charbon à trier est constamment en mouvement, le trieur voit moins bien les morceaux à éliminer et, lorsqu'il les a aperçus, ils ne sont quelquefois plus à sa portée. Cette critique n'est point fondée, le trieur s'habituant très vite à la vue de ces morceaux qui circulent d'ailleurs fort lentement et que le trieur suivant enlève au cas où le précédent n'a pu le faire.

2° Le personnel trieur est très inégalement utilisé : les premiers placés près du crible ayant la possibilité d'éliminer une très forte quantité de pierres ; les derniers n'ayant presque rien à enlever, sont très peu occupés. Si tous l'étaient autant que les premiers, comme cela a lieu aux tables fixes à deux trieurs, dont nous avons parlé plus haut, le nombre des trieurs pourrait être réduit. Cette critique est vraie. A Commentry, où chaque trieur est payé suivant le travail effectué par lui (0 fr. 20

par hectolitre de rochers triés), il y a une inégalité grande de salaire entre le premier trieur près du crible et le quatrième à l'extrémité de la table mobile; et malgré le très faible travail fait par ce dernier, on ne saurait le supprimer, car il est nécessaire pour bien achever le triage. Alors que les premiers gagnent le double de la journée moyenne, les derniers ne gagnent que le quart environ. Pour parer à cette inégalité, un roulement est réglé et chaque jour le trieur change de place et passe à celle suivant celle qu'il a occupée la veille. Ce roulement est si bien établi par l'usage que les surveillants n'ont nullement à intervenir et que chaque trieur, en arrivant le matin, sait fort bien la place qu'il doit occuper. Ce roulement régularise très efficacement le salaire.

3° Si, à un moment donné, le charbon devient beaucoup plus sale, la toile cheminant toujours, le triage ne peut être fait complètement. Cette objection ne subsiste plus si le trieur, à l'extrémité, au moyen d'un débrayage placé à sa portée, peut arrêter ou mettre en marche le crible à secousses, le rouleau distributeur et la table de triage.

Triage à Commentry. — Nous pensons intéressant de donner quelques détails complémentaires sur l'organisation du triage aux mines de Commentry (1). La FIG. 2, de la PL. XIX indique la disposition d'une table double de triage afférente à un crible donnant les trois qualités : gros, au-dessus de 55 ^m/_m, gaillette, de 20 à 55 ^m/_m, menu, en dessous de 20 ^m/_m. C'est un des cribles affectés au charbon classé par la mine en 2° qualité.

(1) Une description sommaire avec dessins d'ensemble et de détails a été publiée par M. Martinet dans le *Bulletin* de l'Industrie minière, tome XI, année 1897.

Les cribles affectés à la 1^{re} qualité n'en diffèrent que par la suppression de la tôle donnant la qualité gaillette. Seule existe la tôle supérieure perforée à 28 ^m/_m donnant le gros 1^{er} au-dessus de 28 ^m/_m et le menu brut 0,28. Le crible a 3^m environ de surface et se subdivise, à la sortie, en deux branches correspondant chacune à une table de triage, les deux tables laissant entre elles un espace de 1 mètre de largeur. Celles-ci, constituées par de vieux câbles d'extraction, ont 5^m,50 de longueur, 1 mètre de largeur et marchent à la vitesse de 0^m,12. Le dédoublement du crible a le grand avantage de permettre de répartir le charbon sur une surface de largeur double où il s'étale fort régulièrement en couche mince facilitant le triage, et de réduire de moitié la longueur qu'aurait une table unique. Moins on a de trieurs disposés en longueur, mieux cela vaut au point de vue de leur bonne utilisation, le travail diminuant beaucoup au fur et à mesure qu'on s'éloigne du crible.

Le personnel d'une table double comprend 16 à 18 trieurs répartis sur les quatre bords libres des deux tables. Les deux trieurs vis-à-vis d'une table sont toujours associés pour le travail, celui placé à l'intérieur passant à son camarade d'en face les petits paniers des rochers qu'il a triés et que celui-ci verse dans un chariot-hectolitre placé à côté de lui. Ce chariot rempli est versé sur le plancher de l'atelier, dans l'espace libre laissé à cet effet entre deux tables doubles, les groupes étant à la distance de 8^m,20 d'axe en axe. Chaque chariot versé amène la remise à l'ouvrier d'un jeton spécial par l'agent préposé à la surveillance de deux tables doubles.

En répondant à l'appel à la fin de la journée, l'ouvrier qui a partagé les jetons avec son associé, les rend au surveillant qui en inscrit le nombre au compte de chacun. L'hectolitre de rochers triés est payé 0 fr. 20. Les deux

trieurs qui sont à l'extrémité de chaque table ont à leur portée le débrayage qui permet d'arrêter la table au cas où le charbon serait excessivement sale et demanderait un supplément de temps. Ils sont spécialement chargés de veiller à la qualité du charbon et de rejeter dans des vagonnets tous les morceaux qui, par leur qualité, ne méritent pas d'être maintenus dans celle à laquelle l'appareil est affecté. Ces vagonnets sont roulés et versés sur les toiles de transport pour chargement correspondant à la qualité attribuée. Chaque vagonnet versé donne lieu à la remise d'un jeton de forme différente, le déclassement étant payé un prix différent (0 fr. 05 par hectolitre) de celui du triage des rochers. Ce déclassement nécessite un travail très consciencieux ; il est fait exclusivement par des femmes. Le personnel des trieurs de rochers n'est composé que de jeunes gens de 13 à 16 ans, qui servent ensuite au recrutement du personnel de la mine.

Les rochers triés, versés dans l'intervalle libre entre deux appareils, sont pris par une équipe de 2 ou 3 ouvriers déschisteurs qui les dépouillent du charbon adhérent et mélangé, le déschistage étant fait séparément pour chaque vagonnet-hectolitre versé par le trieur. La quantité de charbon retiré est inscrite en nombre de mesures unitaires par le déschisteur sur un tableau en face du nom du trieur qui a versé le vagonnet de rocher et qui peut se rendre compte des retenues qui lui seront faites. Pour combattre, en effet, la tendance qu'aurait celui-ci à laisser du charbon dans les rochers triés, la quantité trouvée par le déschisteur et sur laquelle est basé son salaire, est déduite du compte du trieur à raison de 0 fr. 50 l'hectolitre, soit un prix 2,5 fois supérieur à celui des rochers triés.

Les pierres restant après le déschistage sont poussées par une trappe sur une toile de transport régnant sur

toute la longueur de l'atelier et allant les déverser dans un trommel garni de cornières longitudinales formant couteaux, sur lesquelles les rochers, en se brisant, achèvent de se séparer du charbon.

A l'extrémité des tables de triage, le charbon trié tombe sur les toiles de transport spéciales à chaque qualité, lesquelles le déversent dans les wagons.

L'atelier de triage de Commentry comprend six cribles dont les trois premiers, munis d'une seule tôle à 28 ^m/_m, sont affectés aux charbons propres de 1^{re} qualité, le quatrième reçoit *ad libitum*, de la 1^{re} ou de la 2^e, le cinquième est réservé exclusivement à la 2^e et le sixième à la 3^e qualité. Ces derniers ont deux tôles à trous de 20 et de 55 ^m/_m. Toutes les tables de triage sont horizontales et placées à la même hauteur : 0^m,70 au-dessus du plancher de l'atelier dont tout le personnel est visible d'un point quelconque de celui-ci.

Chaque crible peut débiter facilement 250 tonnes par poste, soit 1.500 tonnes pour l'atelier. Ce chiffre a été réalisé il y a quelques années. Les six cribles sont à 8^m,20 de distance les uns des autres et l'atelier a 56 mètres de longueur.

Quantités triées. — Prix de revient. — Pendant l'exercice 1898-99, les proportions de rochers triés dans les gros ont été :

Dans le gros 1^{re}, 94.787 hectolitres, soit 10,60 % en volume, pour une production de 59.387 tonnes ;

Dans le gros 2^e, 45.448 hectolitres, soit 14,7 % en volume, pour une production de 20.458 tonnes ;

Dans le gros 3^e, 55.762 hectolitres, soit 22,2 % en volume, pour une production de 18.353 tonnes.

Soit, dans l'ensemble des gros, de 13,8 % en volume, ce qui correspond à 23,7 % en poids.

Pour une production totale nette de 328.000 tonnes, le prix de revient spécial du triage se décompose comme il suit :

Main-d'œuvre.	Machiniste.....	0,007	0,272	
	Verseurs aux culbuteurs.....	0,024		
	Trieurs.	{ aux tables.... 0,147		0,188
		{ au déschistage 0,029		
		{ à la gaillette.. 0,007		
		{ divers..... 0,005		
	Manœuvres	{ à la charge... 0,006		0,021
		{ aux vagonnets 0,015		
	Entretien du matériel.....	0,029		
	Roulage des rochers.....	0,003		
Fournitures ..	Courroies	"	0,053	
	Toiles de transport....	0,010		
	Tables de triage.....	0,002		
	Cribles et culbuteurs...	0,004		
	Eclairage.....	0,008		
	Graissage.....	0,002		
	Divers...	{ Matières di- verses..... 0,013		0,012
		{ Chauffage ... 0,002		
	Machines.	{ Entretien.... 0,001		
		{ Charbon..... 0,011		
Surveillance			0,015	
Total			0,340	

Le salaire moyen des trieurs a été de 2 fr. 09, et celui des déschisteurs de 2 fr. 17. Le personnel était de 82 trieurs et 14 déschisteurs.

Chargement des sortes. — La généralité des mines dispose maintenant les installations de criblage et triage, de façon à permettre, suivant le besoin, le triage des diverses grosseurs données par les cribles, et, en outre, la reconstitution de telles ou telles qualités entre elles.

Les dispositions adoptées sont multiples, et on peut dire que chaque mine en a adopté une spéciale répondant le mieux à ses besoins et à ses vues. Nous nous bornerons en terminant, et sans qu'il puisse en être conclu à une préférence, à signaler les deux suivantes qui nous ont paru donner, d'une façon simple, satisfaction pour la facilité du triage des diverses sortes, et la possibilité de la reconstitution de mélanges très variés.

Aux Houillères de Saint-Etienne, la disposition adoptée au puits Mars est indiquée par la Fig. 4, Pl. XIX, on en retrouve les principes dans les ateliers des puits Villiers et Verpilleux.

Le crible à secousses placé en S, normalement aux toiles de triage et transport, peut être garni de quatre tôles, aux diamètres de 60, 30, 20 et 6^{m/m}, donnant les cinq qualités suivantes :

1° Gros au-dessus de 60^{m/m} arrivant en a sur la toile A le long de laquelle s'effectue le triage.

2° Chatilles de 30 à 60^{m/m}, arrivant en d sur la toile D et le long de laquelle le triage a lieu également.

3° Grenettes de 20 à 30^{m/m}, tombant en b sur la toile B. Si besoin est, le triage peut être fait sur cette toile.

4° Petites grenettes, de 6 à 20^{m/m}, déversées en c sur la toile C qui ne comporte pas de triage.

5° Le fin fin à 6^{m/m} tombant en e sur la toile E.

Deux autres toiles, F et G, dites toiles de reconstitution, peuvent recevoir les produits de B, C et D, pour les déverser sur la toile A, ou les transporter à des couloirs spéciaux de chargement.

Les toiles A, B, D, E, marchent toujours dans le même sens. Les toiles C, F, G, peuvent marcher à

volonté dans les deux sens, au moyen d'un embrayage.

Les combinaisons de chargement sont très nombreuses.

Si les cinq sortes énumérées ci-dessus doivent être expédiées séparément, les chargements ont lieu comme il suit :

1° Le gros trié est chargé en H, sur la voie n° 4. Sur les trois derniers mètres, les longerons de la toile de triage A sont mobiles et peuvent s'incliner de façon à atteindre le fond du wagon où le charbon est déposé sans choc;

2° Les chatilles 30-60^m/^m, triées sur la toile D, se déversent sur celle G qui les porte en I sur une toile inclinée permettant le chargement sur la voie n° 2;

3° Les grosses grenettes 20-30^m/^m, triées à volonté, tombent sur la toile F, qui les conduit en J, où elles sont chargées à l'aide d'un couloir renversé sur la voie n° 3;

4° Les petites grenettes 6-20^m/^m, qui ne sont jamais triées, sont chargées en K, sur la même voie n° 3, les wagons placés en K et en J ne se gênant pas mutuellement;

5° Le fin fin à 6^m/^m, tombant directement en e, vient se charger en E sur la voie n° 5.

Si on veut réunir toutes les sortes ensemble, faire du menu sortant, la tôle à 6^m/^m est remplacée par une tôle pleine. La toile C, reçoit alors du menu de 0 à 20^m/^m, celle E ne recevant rien. Les trois toiles B, C, D marchent à gauche, déversent sur les toiles F, G qui, à leur tour, versent sur la toile A, où les diverses sortes viennent se mélanger au gros, le chargement ayant lieu en H, sur la voie n° 4.

Si l'on veut éliminer simplement le fin fin à $6^m/m$, la toile à $6^m/m$ est rétablie, les quatre sortes, avec la même marche des toiles que dans le cas précédent, se réunissent et se chargent en H, tandis que le fin fin se charge en E.

En remplaçant la toile de $20^m/m$ par une toile pleine, on réunira sur la toile B tout le menu 0 à $30^m/m$, en laissant séparés gros et chatilles, qui, après triage, pourront être mélangés. Le nombre des combinaisons possibles est très grand.

Cet atelier reçoit 650 bennes, soit 325 tonnes, et occupe un personnel de 32 trieuses, payées à la journée à raison de 1 fr. 80. La proportion des rochers bruts triés est très importante, et s'élève à 20 % environ en volume des gros et chatilles soumis au triage.

Aux mines de Béthune, une disposition avec cribles à secousses, successivement placés en longueur, permet également de réaliser un nombre multiple de combinaisons. La FIG. 3, PL. XIX, indique l'ensemble de la disposition adoptée à la fosse n° 9.

Les cribles forment deux groupes distincts, mais desservis par les mêmes toiles, sauf pour les fines. Le charbon versé par les culbuteurs mécaniques M, est relevé par une toile distributrice le déversant sur une grille Briart, à $80^m/m$ d'écartement. La grosse gailletterie arrive sur la toile A. La partie en dessous de $80^m/m$ tombe sur le couloir à secousses F, qui, passant entre les deux brins de la toile A, la déverse sur le crible à secousses C, muni de deux grilles, 70 et $15^m/m$.

La gailletterie 70-80 est reçue par la toile B, tandis que le menu 0-15 tombe dans la trémie T, et de là sur la toile D. Le refus du crible, compris entre 15 et

70, est conduit par le couloir, prolongeant la grille de $15^m/m$ entre les deux brins de la toile B, à un deuxième crible à secousses C' donnant la petite gailletterie 50-70 reçue par la toile E, le refus compris entre 15 et 50 se rendant sur un troisième crible C' subdivisant celui-ci en deux : 1° partie entre 30 et 50, déversée sur la toile G; 2° menu 15-30 sur la toile D, où il se réunit avec le 0-15, pris sous le crible C.

Trois équipes de trieuses échelonnées le long des toiles A, B, E, font le triage des qualités au-dessus de $50^m/m$.

Les quatre sortes > 80 , 80-70, 70-50, 50-30, peuvent être chargées séparément en A', B', E', G', sur les voies correspondantes, ou bien tout ou partie de ces sortes, à l'aide de raclettes disposées en R, R', R', peut être déversé sur la toile de reconstitution K, le chargement s'opérant alors en G'. Si on veut y joindre la sorte 15-30, la grille du crible C' est remplacée par une tôle pleine. Toutes les grilles sont interchangeable.

Les fines 0-15 sont toujours chargées à l'extrémité des toiles DD. On pourrait toutefois les réunir aux sortes précédentes, en remplaçant la grille de $15^m/m$ du crible C par une tôle pleine. Comme on le voit, les combinaisons sont multiples et permettent bien de faire les mélanges que l'on désire.

Le charbon traité à la fosse n° 9 de Béthune est très peu grêlé, 8 % seulement au-dessus de $50^m/m$, mais cette partie qui est triée est très pierreuse. La proportion des rochers triés atteint 27 % de la partie soumise au triage. La production de la fosse est de 800 tonnes par jour. On occupe 19 trieuses, payées à prix fait, à raison de 0 fr. 10 par hectolitre. Celles-ci jettent les pierres triées sur un transporteur Kreiss T, les conduisant en dehors de l'atelier.

Le menu produit au cours du triage sur les toiles

A, B, E, est éliminé par de petites grilles, placées avant le déverseur dans les couloirs de chargement. Ce menu tombe sur la petite toile V qui, combinée avec celle V', permet de le réunir aux fines sur la toile D.

A Commentry, l'atelier n'est disposé que pour trier les trois sortes : gros 1^{re}, 2^e et 3^e qualités, et ne permet point la reconstitution des mélanges, divers gros et menus, en des proportions déterminées.

La mine n'étant point desservie directement par un embranchement du chemin de fer de la Compagnie d'Orléans, tous les charbons sont expédiés dans les wagons de la mine contenant 3 tonnes, soit à la gare de Commentry, soit au port de Montluçon, par le chemin de fer de la mine à voie de 1 mètre. C'est dans le transbordement nécessité par cette disposition particulière que se font les reconstitutions des mélanges divers nécessaires au service commercial.

CONCLUSIONS

Si nous résumons les diverses observations que nous avons exposées, il peut en être déduit les conclusions générales suivantes :

1^o L'emplacement d'un atelier de criblage et triage sera déterminé en tenant compte des frais de traction des bennes du puits à cet atelier, frais qui peuvent être compensés par les avantages trouvés dans un entretien plus facile, et surtout par ceux nombreux que pourra donner la concentration dans un seul atelier largement installé, de la manutention des charbons provenant de fosses diverses, tant au point de vue du traitement proprement dit qu'à celui de la possibilité de mélanges des charbons de natures différentes ;

2° Le verseur mécanique est celui qui est adopté de plus en plus et qui nous paraît de beaucoup le meilleur ;

3° Le crible à secousses ordinaire, surtout pour les petits morceaux, et le crible Briart pour les gros, sont les deux appareils donnant les résultats les plus satisfaisants. Le charbon y parcourt un chemin minimum, d'où il résulte un bris moindre. Ils ont en outre un débit important. L'installation des cribles à secousses doit toujours être bien étudiée au point de vue d'annuler au maximum les inconvénients des vibrations ;

4° Le triage sur toiles de transport est celui qui prévaut pour des tonnages importants. Il doit être recherché que le travail des trieurs soit constamment contrôlé, et le principe de l'organisation avec trieurs payés à la quantité de rochers triés et déschisteurs, ou autre mode, dont le salaire, basé sur la quantité de charbon trouvé dans les rochers bruts, est déduit de celui des trieurs, doit être absolument recommandé.

Pour avoir un triage facile, il sera nécessaire de présenter le charbon en couche mince et avec une vitesse faible. Il est préférable de ne pas exagérer la longueur des toiles de triage, le personnel trieur étant moins bien utilisé proportionnellement ;

5° Les appareils de chargement sont à étudier de manière à éviter le bris du charbon. Les toiles sur longerons s'inclinant à volonté, les couloirs mobiles télescopiques sont à recommander ;

6° La reconstitution des différentes sortes criblées ou triées donne lieu à des combinaisons aussi multiples que diverses. Celles qui sont désirables pour une houillère le sont moins ou peu pour une autre. C'est à chacun de voir les convenances auxquelles il doit être donné satisfaction et l'étude de la recons-

titution des divers mélanges s'en déduira. Il est mieux de s'organiser de façon à pouvoir, sans trop de complication, se donner la possibilité d'un certain nombre de combinaisons. La visite de quelques installations fonctionnant dans les conditions se rapprochant de celles que l'on désire ne saurait être trop recommandée.

M. le professeur HENRY LOUIS fait la communication suivante :

Je voudrais faire une observation, relative surtout au rapport de M. Wedding. Je m'occupe depuis quelque temps de l'étude du triage magnétique des minerais, dans le but de produire des minerais de fer dans un état maximum de concentration, c'est-à-dire aussi riches et aussi purs que possible. Or, M. Wedding et M. Smits nous disent que de tous les minéraux connus, il n'y en a que deux qui soient fortement magnétiques, et en disant ceci, ils ne font que répéter ce que beaucoup d'autres ont déjà dit ; mais il y a un troisième minéral qui paraît avoir été oublié, c'est l'ilménite. Quelquefois l'ilménite (oxyde de fer titané) n'est que très faiblement magnétique, mais en certain cas ce minéral l'est presque autant que la magnétite elle-même ; c'est ainsi que dans une série d'essais que j'ai fait pour séparer de la magnétite d'une roche éruptive basique qui contenait aussi de l'ilménite, je n'ai pu réussir à séparer le fer titané de la magnétite, les deux minéraux ayant à peu près la même susceptibilité magnétique. Donc, l'ilménite est un minerai dont le magnétisme est très variable, mais quelquefois très fort, et ce fait mérite bien plus d'attention qu'il n'en a reçu jusqu'à présent.

Un autre sujet sur lequel je désire dire quelques

mots est le système de triage magnétique de M. Edison. L'appareil décrit par M. Wedding n'est pas celui dont M. Edison se sert aujourd'hui.

L'appareil actuel se compose d'une tour ayant environ 30 mètres de hauteur, et contenant une série d'électro-aimants disposés verticalement; ces aimants sont très grands, environ 1^m,50 de longueur avec une largeur de face qui varie de 30 à 10 centimètres. Le minerai brut pulvérisé jusqu'à 1^{mm},25, est amené par des dispositifs spéciaux jusqu'au haut de la tour, où il tombe en filets minces devant les pôles des électro-aimants; les parties non magnétiques continuent à tomber en lignes verticales, tandis que les parties magnétiques subissent une légère déviation, qui suffit pour les faire tomber dans une série de bacs qui ne reçoivent que les parties ainsi déviées. En répétant la manœuvre à plusieurs reprises, M. Edison obtient une séparation complète entre les parties magnétiques et les parties non magnétiques. Le grand avantage que présente cette construction est d'avoir réalisé un appareil trieur magnétique sans aucune partie mobile, donc une économie de force très importante, en même temps que la main-d'œuvre est très réduite. Avec l'appareil de M. Edison, on traite des quantités énormes; on arrive à trier ainsi pas moins de 300 tonnes par heure de marche, soit un million de tonnes par année. Le premier appareil de ce système a été construit dans l'Etat de New-Jersey (Etats-Unis), pour traiter une roche ferrière assez pauvre, où il a fonctionné pendant plus d'une année à titre d'essai. Les expériences ainsi faites ayant donné, à ce qu'il paraît, des résultats satisfaisants, on se prépare à présent à la construction d'une usine définitive. Le but de cet appareil, qui paraît avoir été réalisé, est de traiter des minerais de fer pauvres, en quantités énormes, à très bon marché.

M. DISCRY envoie la note suivante :

Notice sur les installations de triage, de décomposition et de reconstitution des charbons, faites aux charbonnages de Gosson-Lagasse, à Jemeppe-lez-Liège (Belgique).

Par M. Emile DISCRY

A côté de lavoirs établis pour toutes les catégories de charbons gras et demi-gras, la société a édifié, l'an dernier, d'importantes installations de triage pour la préparation de tout-venants industriels (fours métallurgiques, etc.) et de foyers domestiques, composés de charbons gras et trois quarts gras.

Antérieurement, ces catégories de produits étaient constituées par des charbons bruts provenant de la mine, culbutés dans les wagons ou bateaux après un épierrage sommaire ; la composition en était éventuellement renforcée par l'addition de criblés (houille, gailletteries et gaillotins) séparés dans le lavoir à charbons gras des catégories de petite dimension soumises au lavage.

Les raisons principales qui ont motivé la création de ces installations sont de deux ordres : d'une part, l'exploitation presque exclusivement développée à l'heure actuelle dans des couches minces à intercalations schisteuses, rendant nécessaire un épierrage complet ; d'autre part, la diversité des compositions de tout-venants fournis à une clientèle éparpillée dans un vaste rayon et la difficulté de réaliser exactement ces compositions (tout-venants industriels de 20 à 45 %, domestiques de 50 à 80 %), de manière à éviter, dans la pratique, et les compositions insuffisantes donnant lieu à des réclamations et des bonifications, et les compositions forcées

par le personnel des expéditions dans le but d'empêcher toute récrimination de la part de la clientèle.

Au surplus, les dispositions ont été étudiées pour exécuter, dans une seule installation, les opérations qui s'effectuaient séparément dans trois installations différentes :

1° Séparation préliminaire du criblé et du menu à laver des charbons gras réalisée à proximité du lavoir à charbons gras ;

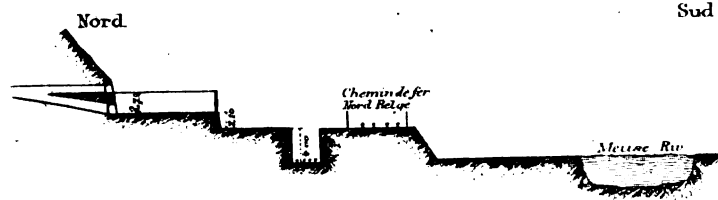
2° Préparation et chargement des tout-venants expédiés par wagons ;

3° Préparation et chargement des tout-venants expédiés par bateaux.

Enfin, on s'est appliqué à réduire au minimum les frais de main-d'œuvre et à empêcher autant que possible, dans toutes les parties de l'installation, la casse des produits.

Les niveaux dont on disposait étaient au nombre de quatre, figurés au schéma ci-dessous, soit : deux niveaux de circulation des wagonnets de la mine ; le supérieur qui est celui d'arrivée par tunnel et chaîne flottante, l'inférieur qui est celui de départ par transport du même genre ;

Le niveau des voies de chemin de fer et le niveau du port d'embarquement à la Meuse.



- Les appareils de criblage ont été établis entre les deux premiers niveaux ; ils sont en double, composés de cribles équilibrés à oscillations longitudinales et

surmontés de culbuteurs automatiques à mouvement différentiel.

Ces cribles classent le charbon en six catégories :

Poussier.....	0 — 15 ^{mm}
Braissettes.....	15 — 30
Têtes de moineaux....	30 — 60
Gailletins.....	60 — 80
Gailletteries.....	80 — 120
Houilles.....	120 ^{mm} et plus.

Le culbuteur nord reçoit les charbons gras, le culbuteur sud les charbons 3/4 gras. Une partie, réglable à volonté au moyen de vannes, des catégories 0-15, 15-30, 30-60 du premier appareil, tombe par chenaux inclinés sur un transporteur inférieur alimentant lui-même un transporteur incliné de 37 mètres de longueur conduisant ces charbons au lavoir gras.

Toutes les autres catégories tombent sur des transporteurs épierreurs en acier embouti ; les transporteurs à 0-15, 15-30 et 30-60, après avoir passé horizontalement sous les deux cribles, s'élèvent fortement et vont déverser, à la partie supérieure du bâtiment de triage, les produits dans les compartiments séparés de deux accumulateurs en tôle : ceux-ci sont formés de caisses de grande capacité, à partie inférieure tronconique, munies au bas de cylindres mesureurs pouvant tenir au maximum 500 kil. de charbon, à compartiments correspondants de capacité variable et réglable. Les deux accumulateurs renferment : l'un le menu destiné aux tout-venants domestiques, l'autre celui des tout-venants industriels.

Pour les wagons, ce menu, au sortir des mesureurs, est déversé dans des trémies de chargement télescopiques, à relèvement et à oscillation qui s'abaissent sur les wagons placés sur des plates-formes à bascule ;

l'appareil peseur démonstratif est placé auprès de l'ouvrier chargé de la manœuvre de la trémie qui relève cette dernière aussitôt que la limite du chargement est atteinte.

Les cylindres mesureurs sont commandés mécaniquement par embrayages à friction et leurs tours enregistrés par des appareils de contrôle.

D'autre part, les gailletins, gailletteries et houilles sont relevés plus faiblement par des transporteurs *ad hoc*, inclinés chacun suivant le point de la trémie de chargement où ses produits vont aboutir.

Tous ces charbons, menus et criblés, se mélangent donc à nouveau dans la trémie de chargement dont la pente est à la limite de ce qui est nécessaire pour le glissement, à vitesse modérée, des produits recomposés.

Le long de tous les transporteurs, sauf celui des 0-15, sont ménagés des gradins où se trouvent les trieuses qui retirent séparément les pierres et les charbons barrés destinés à la consommation des chaudières ; des caisses, servant de magasins à pierre, sont ménagées sous les transporteurs de façon à pouvoir les retirer facilement au niveau du tunnel inférieur qui constitue la voie d'évacuation des déchets de triage et de lavage.

Pour les bateaux, les menus entrant dans la composition des tout-venants industriels ou domestiques sortant des mesureurs, tombent, par la manœuvre d'une sorte de valve-papillon, sur des transporteurs inclinés qui les remontent à la partie supérieure de deux grandes caisses d'emmagasinement disposées verticalement au-dessus d'une tranchée dont le fond est au niveau du port d'embarquement.

Dans cette tranchée circulent des wagonnets à fond mobile d'une capacité de 1.200 kilog. environ qui reçoivent séparément leurs chargements de menu ou

de criblé; les bateaux comportant toujours un chargement d'au moins 100 tonnes, le mélange est suffisamment reconstitué lors du chargement et du régalaie des charbons.

Quant aux criblés destinés aux bateaux, ils se réunissent sur un transporteur horizontal qui les conduit dans une large trémie inclinée, descendant dans la tranchée dont il vient d'être question.

D'une façon générale, toutes les dispositions des chenaux où circulent les criblés sont étudiées pour éviter la casse des produits.

Les cylindres mesureurs dont la marche est contrôlée à différentes heures de la journée permettent donc, pour les chargements par wagons, d'arriver à des compositions rigoureusement exactes; pour les bateaux, la composition est déterminée par le nombre de wagonnets de chaque catégorie, menus et criblés.

Dans l'un comme dans l'autre cas, le menu reste identique à lui-même, c'est-à-dire contient des proportions invariables de 0-15, 15-30, et 30-60, et reste indépendant des variations très grandes qui se produisent, au cours de la journée, suivant l'heure et la provenance des chantiers d'abatage. Les accumulateurs ou réservoirs permettent de parer à ces variations, de même que les vannes dont il a été question précédemment qui donnent issue à une partie des produits 0-15, 15-30, et 30-60 de l'appareil de criblage nord. L'excès de l'une ou de l'autre catégorie de ces produits est ainsi facilement conduit au lavoir.

La capacité de production est de 100 tonnes à l'heure.

L'installation a été construite dans les ateliers de MM. Allard frères, à Chatelineau (Belgique).

La séance est levée à 4 heures 45.

5^e SÉANCE

Samedi 23 Juin 1900.

QUESTIONS DIVERSES

Présidence de M. KORSOWSKI, assisté de M. DE CASTELNAU.
Secrétaire : M. PELLÉ.

La séance est ouverte à 2 h. 1/4.

M. le PRÉSIDENT rappelle que cette dernière séance de la Section des Mines est consacrée à des questions diverses, dont plusieurs ont déjà fait l'objet de rapports distribués avant le Congrès.

La parole est donnée à M. PELLATI.

**Emploi du fil hélicoïdal pour l'abatage
du marbre.**

Par M. N. PELLATI, directeur du Corps des Mines d'Italie.

M. N. PELLATI. — Messieurs, j'ai eu l'honneur, dans la séance d'hier, de vous exposer brièvement ce qu'on a fait depuis quelques années en Sardaigne au sujet de la préparation mécanique des minerais métallifères. Je désire aujourd'hui, en résumant une note qui vous a été distribuée (Voir ce rapport *Bulletin* de l'Industrie minérale, tome XIV, 3^e série, 4^e livraison, 1^{re} partio, page 1275), appeler votre attention sur un important perfectionnement du fil hélicoïdal qui vient d'être introduit à Carrare pour l'abatage des marbres, et qui est, à mon avis, destiné à se répandre de plus en plus.

Vous savez que, pour scier certaines roches, on fait usage d'un fil hélicoïdal, qui n'est autre chose qu'un petit câble constitué par la torsion de trois fils d'acier dur. C'est un câble sans fin auquel on donne une longueur de 150 à 200 mètres, afin d'en réduire l'échauffement et l'usure. Il est soutenu par une série de poulies, dont l'une est motrice. Il se trouve ainsi animé d'un mouvement de translation et produit le sciage de la roche, grâce au sable quartzeux qu'on introduit constamment avec de l'eau dans la fente. Les coupures qu'on pratique de cette façon dans les carrières de marbre ont 15 à 20 mètres de longueur et même plus.

Il est clair que les deux poulies, sur lesquelles passe le fil hélicoïdal aux extrémités de la taille, doivent pénétrer dans le terrain pour suivre l'avancement de la coupure ; elles doivent même devancer quelque peu cet avancement. Pour loger ces poulies, ainsi que les pièces servant à les guider, on était autrefois obligé de creuser préalablement des puits, et ces derniers devaient avoir au moins 1^m,20 de largeur, car les poulies elles-mêmes, à cause de la rigidité du fil d'acier, ne pouvaient avoir un diamètre inférieur à 60 centimètres.

L'exécution de ces puits présentait des difficultés spéciales dans les carrières de Carrare. En effet, avec des fronts qui atteignent plus de 100 mètres de hauteur et dans des couches où le marbre n'est pas partout sain et homogène, les tailles verticales doivent souvent être remplacées par des tailles inclinées ; or, le creusement de puits inclinés présentait des dangers. Il faut remarquer, en outre, que les puits, quelle que fût leur direction, faisaient perdre une quantité relativement grande de bon marbre.

Tous ces inconvénients, qui entravaient l'application du fil hélicoïdal dans les carrières des Alpes Apuennes,

ont heureusement disparu, grâce à la suppression du creusement des puits.

C'est à M. Monticolo, ingénieur-adjoint du Corps des Mines, que revient le mérite d'avoir donné au problème une solution satisfaisante que la pratique a, depuis plusieurs années, pleinement sanctionnée.

A chacun des larges puits, qu'il fallait autrefois ouvrir, on substitue aujourd'hui un simple trou de 6 à 7 centimètres de diamètre, qu'on peut toujours forer dans la direction convenable avec une barre à mine ordinaire ou à l'aide d'une perforatrice.

L'ancienne poulie de direction, de grandes dimensions, a été remplacée par une poulie en acier, de 50 centimètres de diamètre et de 8 millimètres d'épaisseur seulement, qui pénètre dans la roche en même temps que le fil hélicoïdal guidé par elle. La poulie suit la fente pratiquée par le fil et l'élargit légèrement, pendant que son pivot, fixé à une fourche que supporte une colonne de tubes, s'avance dans le forage préalablement pratiqué dans le plan de la coupure.

Le disque d'acier, qui constitue cette poulie dite *pénétrante*, porte à sa périphérie une gorge dans laquelle vient se loger, pour la moitié seulement de son épaisseur, le fil hélicoïdal ; le reste du fil fait saillie et protège la poulie contre l'usure.

L'appareil est complété par un affût qu'on dispose convenablement par rapport au trou foré ; cet affût guide et fait avancer automatiquement la colonne de tubes, de façon à maintenir le contact entre la poulie de direction et la roche à entamer.

Je ne puis d'ailleurs que vous exposer ici le principe de l'appareil ; vous en trouverez la description détaillée dans la note qui vous a été distribuée avant le Congrès par les soins de notre Comité d'organisation.

La poulie pénétrante, inventée par M. Monticolo,

répond parfaitement à son but dans les carrières de marbre. Comme vous le verrez dans la note que vous avez entre les mains, le système a été appliqué avec succès dans de nombreuses carrières des Alpes Apuennes ainsi qu'à l'étranger. Je pense même qu'il serait peut-être possible d'appliquer au havage de la houille le principe de la poulie pénétrante; il y aurait, certes, des difficultés à vaincre, en particulier, celles provenant du défaut d'espace dans les tailles pour le développement du fil, et sans doute aussi celles résultant de la nature grasse, pour ainsi dire, de la matière à entailler. Cependant, je crois utile d'appeler votre attention sur ce côté de la question, persuadé que cette idée ne pourra nulle part être appréciée avec plus de compétence que dans cette assemblée.

M. BERTOLIO fait observer que la poulie pénétrante pourrait, notamment, rendre parfois des services pour le percement des galeries. Avec cet appareil, il serait possible, en effet, de faire toujours précéder l'avancement d'une galerie par un nombre suffisant de coupures, de manière à isoler le massif de terrain à abattre. Bien que les coupures produites par le fil hélicoïdal n'aient que 14 ou 15 millimètres de largeur, elles seront en réalité suffisantes pour diminuer notablement dans plusieurs directions la valeur de la déformation élastique de la roche, et pour amener par suite des ruptures là où sans elles on n'aurait produit que des vibrations sans travail utile. Après une telle préparation des chantiers, il est évident qu'on réalisera dans l'avancement de la galerie une forte économie de coups de mine. Cette économie ne pourra être évaluée que d'après des expériences; mais il semble *a priori* que, dans bien des cas, sa valeur doit dépasser la dépense supplémentaire nécessitée par l'emploi du fil hélicoïdal.

D'ailleurs, les avantages qu'on peut retirer d'une diminution du nombre des coups de mine dans les chantiers souterrains, ne sont pas d'ordre exclusivement économique.

M. le Professeur LE NEVE FOSTER dit qu'il voudrait appeler l'attention des membres du Congrès sur une nouvelle application du fil hélicoïdal, qui est représentée par des dessins exposés dans la Classe 63 de l'Exposition par le Comité des ventes des ardoises de Labassère (Hautes-Pyrénées). Dans ces ardoisières a été réalisé le premier emploi du fil hélicoïdal pour des travaux souterrains, et l'orateur vient d'apprendre, par le Directeur de ces exploitations, qu'on y fait le havage d'une chambre entière d'ardoisière au moyen d'un seul trait de cette sorte de scie sans fin. En d'autres termes, on pratique d'un seul coup, à l'aide du fil, une entaille ou rainure horizontale, de 52 mètres de long sur 12 mètres de profondeur, au prix de 2 francs le mètre carré.

M. Le Neve Foster estime que, pour les ardoisières du Pays de Galles, cette application du fil hélicoïdal serait de la plus grande importance; et, en retournant dans son pays, il s'empressera d'attirer l'attention des directeurs gallois sur ce procédé qui leur permettrait d'exploiter leurs ardoisières avec plus d'économie et plus de sécurité.

M. SZYMANOWSKI résume son rapport, déjà distribué aux membres du Congrès, sur Krivoï-Rog et l'état actuel de l'industrie métallurgique dans le midi de la Russie. (Voir ce rapport *Bulletin* de l'Industrie minière, 3^e série, tome XIV, 4^e livraison, 2^e partie, page 1385.)

**Méthodes d'exploitation avec remblais partiels
des couches en dressant des charbonnages
de Gorlovka (Bassin du Donetz).**

Par M. A. HABETS, professeur à l'Université de Liège.

M. A. HABETS. — Messieurs, comme suite à l'intéressante communication de M. Szymanowsky, je désire présenter au Congrès une Notice sur l'une des plus importantes sociétés charbonnières du Donetz, Notice dont je puis mettre les premiers exemplaires à la disposition des membres ici présents.

La *Société d'Industrie houillère de la Russie méridionale*, dans laquelle sont engagés des capitaux d'origine française, a été l'une des premières à introduire dans le midi de la Russie le matériel et les procédés des grandes houillères de France et de Belgique. Son développement date de 1890 et sa production a passé de 200.000 tonnes en 1893 à 640.000 tonnes en 1899. Grâce aux nouveaux sièges créés ces dernières années, elle sera bien près d'atteindre 1.000.000 de tonnes en 1900. Sa production de coke atteindra le chiffre de 250.000 tonnes.

Je ne m'étendrai pas sur le matériel adopté dans ces charbonnages, bien qu'il présente certain intérêt, notamment par l'application du système Koepe aux nouveaux sièges. Vous en trouverez la description dans la Notice dont j'ai fait déposer des exemplaires au secrétariat. Mais je voudrais attirer votre attention sur deux particularités de l'exploitation de ces charbonnages, parce qu'elles répondent aux conditions spéciales de gisement dont nous parlait à l'instant M. Szymanowsky. Le bassin houiller du Donetz est beaucoup moins riche que les bassins houillers de l'ouest de l'Europe. Le rapport de l'épaisseur des couches de houille dans les

terrains exploités à Gorlovka, aux sièges principaux de la Société, à celle des couches stériles, atteint à peine 1 %, tandis qu'en Belgique ce même rapport est de 3,2 % et qu'en Westphalie il est de 4 %. Heureusement, les couches sont rarement isolées, elles se présentent en faisceaux, et c'est précisément un de ces faisceaux présentant une série de vingt-trois couches sur 2.500 mètres de largeur, que la Société exploite.

Ces couches forment des dressants inclinés de 60 à 70° que l'on peut suivre sans dérangements importants sur plusieurs kilomètres de longueur.

Dans ces conditions, il faut nécessairement une extraction intensive pour rémunérer les capitaux extrêmement importants engagés dans les travaux de premier établissement.

Le siège de Gorlovka est outillé pour produire 1.400 tonnes en deux postes de huit heures, aux profondeurs de 234 mètres et de 383 mètres, au moyen de deux puits, dont l'un sert encore provisoirement de puits d'aérage.

Le siège Albert a une extraction journalière de 2.400 à 3.000 tonnes, à 287^m,50 de profondeur par un seul puits, aidé accessoirement par le puits d'aérage.

Ces résultats ont pu être atteints par l'application de deux principes :

- 1° La création d'étages de grande hauteur ;
- 2° L'exploitation des couches les plus puissantes par remblais partiels.

Cette application étant loin d'être courante dans un gisement en dressants, nous nous permettrons d'insister quelques instants sur les caractères qu'elle présente. Nous avons adopté à Gorlovka une hauteur d'étage de 140 mètres et au siège Albert une hauteur d'étage de 150 mètres pour les raisons suivantes :

1° L'expérience prouve qu'une grande partie de la venue totale des eaux de la mine provient du percement des travers-bancs et suit les travaux en profondeur, au fur et à mesure de leur exécution. Ces venues d'eau qui proviennent de bancs calcaires, nécessitant, à chaque nouvel étage, l'installation de chambres de machines et de réservoirs pour emmagasiner les eaux pendant au moins vingt-quatre heures, il y a lieu de recommencer ces travaux coûteux le moins fréquemment possible ;

2° La distance horizontale entre les couches extrêmes Lucie et Kirpitchevka du champ d'exploitation actuel du puits n° 1 de Gorlovka est de 800 mètres environ ; le creusement de travers-bancs à double voie de cette longueur exige beaucoup de temps (40 mois à la main, 20 mois à l'air comprimé) et leur coût est important ;

3° On a enfin cherché à diminuer le nombre de chargeages, écuries et autres accessoires de chaque niveau d'extraction.

L'expérience nous a prouvé que cette grande hauteur d'étage ne présentait pas d'inconvénients sérieux et, dans une excursion récente en Westphalie, nous avons appris qu'elle avait également été adoptée dans les nouveaux charbonnages créés à la Société de Harpen par MM. Müser et Tomson, ici présents.

Avant de décrire la méthode d'exploitation par remblais partiels de Gorlovka, il est intéressant de passer en revue les différents systèmes qui y ont été successivement adoptés et dont la figure ci-contre représente schématiquement l'ensemble.

Anciennement, les couches inclinées, même de 60 à 70 degrés, étaient exploitées partout en Russie par traçages et dépilages : les premiers étaient constitués par des voies de chassage et des cheminées espacées les unes et

les autres de 10 en 10 mètres, de manière à limiter des piliers de section carrée.

On comprend ce que cette méthode avait de désavantageux, au point de vue du prix de revient, par l'exagération des tracages, et au point de vue de la ventilation ; mais à cette époque le grisou ne s'était pas encore montré à Gorlovka, tandis qu'aux profondeurs actuelles, ces mines doivent être classées dans la catégorie des mines grisouteuses.

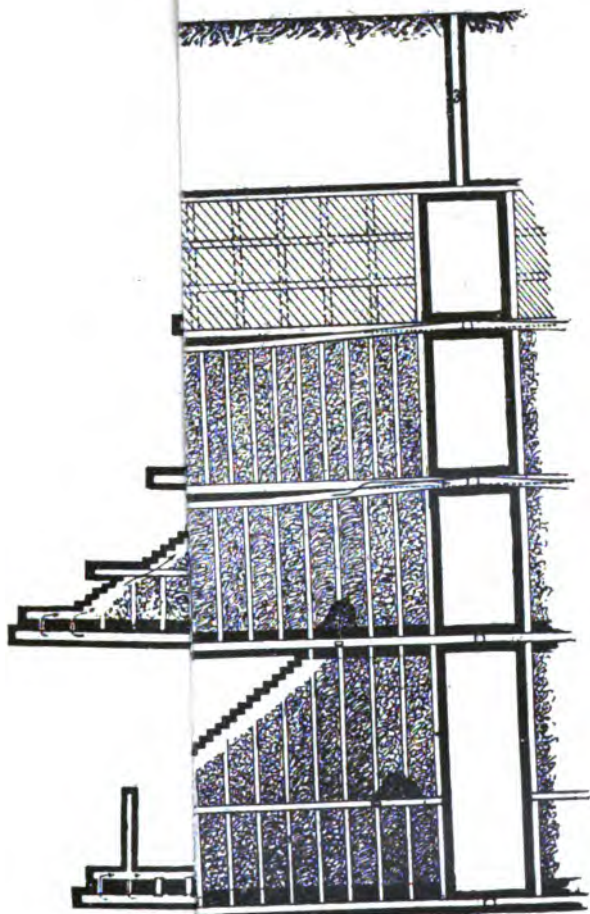
M. l'Ingénieur Gorloff, à cette époque directeur de la Société, y introduisit la méthode belge par *gradins renversés* avec remblayage complet. Dans les couches les plus puissantes ($1^m,20$ à $1^m,80$), les seules exploitées alors, les matériaux de remblayage venaient de la surface ; on y avait à cet effet créé une carrière sur un affleurement de grès houiller. Les remblais étaient descendus, partie par petits puits inclinés, pratiqués dans les affleurements de 200 en 200 mètres et aboutissant aux voies d'aérage, partie par le puits d'extraction. Les gradins supérieurs de l'étage, qui n'avait pas plus de 50 mètres de hauteur suivant l'inclinaison, étaient remblayés par les pierres provenant des puits inclinés ; pour les gradins inférieurs, les remblais, provenant du puits d'extraction, étaient relevés à la main au moyen de paniers.

Tant que les étages d'exploitation étaient peu profonds, le percement de puits inclinés dans les affleurements était un travail peu coûteux qui donnait d'ailleurs un excellent aérage, car on n'hésitait pas à faire un nouveau puits dès que la voie d'aérage devenait d'un entretien trop onéreux ; mais on comprend que pour des niveaux plus profonds, l'exécution de ces puits inclinés multiples ne tarda pas à devenir pratiquement impossible.

Le prix de revient élevé de ce remblayage conduisit

en conséquence à se procurer les matériaux stériles au moyen de chambres d'éboulement créées au-dessus de chaque voie d'aérage, dans les remblais de l'étage ou du sous-étage précédent. Le même remblai servait ainsi plusieurs fois, d'où le nom de méthode *par remblais continus* donné quelquefois à ce système d'exploitation. La création de ces chambres d'éboulement, tant au-dessus de la voie d'aérage du chantier que de la voie intermédiaire, provoquait fréquemment la dislocation et l'obstruction de ces voies.

La méthode par remblais continus avait d'ailleurs d'autres inconvénients sérieux au point de vue de la sécurité. Nous citerons les suivants : 1° le travail au rocher qui devait se faire dans les chambres d'éboulement au moyen d'explosifs, n'était pas sans danger, et chaque année on avait à déplorer de fréquents accidents de personnes dus aux chutes de pierres ; 2° les pierres étant d'un volume autrement important que celui des stériles que l'on prend dans les couches, il se produisait journellement, dans les vides à remplir, des ancrages que les ouvriers remblayeurs cherchaient à détruire ; c'était là une nouvelle source d'accidents ; 3° les cheminées à charbon multipliées donnaient également lieu à des ancrages, nouvelle source de danger ; elles salissaient de plus les charbons et leur entretien journalier constituait un poste important du prix de revient ; 4° le remblayage, suivant péniblement l'avancement de la taille, ne permettait pas le travail à double poste, car le culbutage des pierres présentait du danger pour la sécurité des ouvriers à veine ; on était très souvent obligé en conséquence d'arrêter le travail à veine ; 5° des incendies fréquents étaient enfin provoqués par les charbons qui se mêlaient aux stériles venant des chambres d'éboulement ou qui tombaient des gradins d'abatage ; la nature pyriteuse de certaines de nos



Gorlovka.

3.
9.
es de voies, de la

couches oblige d'ailleurs à éviter autant que possible de laisser du charbon dans les remblais.

L'exploitation intensive à laquelle nous nous livrons, ne nous permet plus aujourd'hui de négliger les couches minces. Pour celles-ci qui fournissent suffisamment de remblais, nous appliquons sans modification la méthode *par gradins renversés avec remblais complets*, telle qu'elle s'emploie en France et en Belgique dans les couches similaires.

Mais pour nos couches puissantes qui ne fournissent pas de remblai par elles-mêmes, nous avons dû rechercher une méthode nouvelle qui écarte les dangers précédemment exposés, et après avoir fait étudier les méthodes sans remblais appliquées dans des circonstances analogues dans plusieurs mines grisouteuses de Westphalie, nous nous sommes arrêtés à une méthode *par gradins renversés avec remblais partiels* que nous appliquons depuis 5 ans pour des étages de 85 mètres de hauteur suivant l'inclinaison (63 degrés en moyenne) et dont nous commençons l'application aux nouveaux étages de plus grande hauteur.

En vue de conduire la voie de roulage jusqu'à la limite du champ d'exploitation sans trop de réparations, on ménage au-dessus d'elle un massif de protection d'une hauteur variable avec les caractères de la couche : cette hauteur est généralement de 4 mètres. De 8 mètres en 8 mètres, on perce ce massif par de petites cheminées à l'effet d'établir la ventilation. La dernière cheminée à proximité du front de la taille est seule laissée libre pour l'aérage, tandis qu'en arrière, les unes sont fermées soigneusement par dessous au moyen d'un lattis serré, par dessus au moyen d'un plancher recouvert de charbon, les autres sont bouchées par les charbons qui proviennent des chantiers et l'on veille à ce qu'elles soient toujours maintenues pleines. Une surveillance sévère est orga-

nisée à ce sujet, car si ces cheminées restaient ouvertes, il en résulterait des pertes d'air importantes.

Enfin, les cheminées qui se trouvent en dessous des parties déjà déhouillées, sont bouchées avec le plus grand soin ; elles ne tardent pas au surplus à être recouvertes par les pierres provenant du foudroyage du toit qui se produit à une certaine distance en arrière du front de taille. Le long des gradins d'abatage (lesquels ont 2^m,85 de hauteur), on établit entre toit et mur un plancher incliné, en madriers jointifs, pour l'écoulement des charbons abattus vers la voie de fond. En arrière de ce plancher, une brigade spéciale exécute des piles de boisages renforcés, destinées à protéger le front du chantier contre tout éboulement du toit. Dans les couches de moins de 70 centimètres d'épaisseur, les charbons de la tranche supérieure arrivent à la voie de roulage par une cheminée en ferme creusée en avant des gradins inférieurs, que l'on maintient toujours pleine de charbon pour forcer le courant ventilateur à longer les gradins de la tranche inférieure. Dans les couches plus puissantes, les charbons de la tranche supérieure sont culbutés sur le plancher de la tranche inférieure ; on évite ainsi le creusement d'une cheminée en ferme qui constitue un chantier en cul-de-sac, toujours difficile à ventiler.

Des massifs de protection de 2^m80 et 4 mètres d'épaisseur sont ménagés en dessous de la voie intermédiaire et en dessous de la voie d'aérage. Des remblais serrés de 2 à 3 mètres de hauteur, faits au moyen des pierres provenant de la couche et des réparations de voies, sont établis en dessous du massif de protection de la voie intermédiaire, au-dessus de cette même voie et en dessous du massif de protection de la voie d'aérage. Les remblais exécutés en aval-pendage sont soutenus par des boisages spéciaux renforcés, de manière à être maintenus en place. Dans les espaces qui

restent vides, les pierres, provenant du foudroyage du toit et du mur, se tassent d'elles-mêmes, de sorte qu'à 30 ou 40 mètres du front de taille, le vide est entièrement remblayé.

L'aérage des chantiers en cul-de-sac, tels que voie de roulage, cheminées en ferme, voies intermédiaires, se fait au moyen de ventilateurs à air comprimé et d'injecteurs Koerting; ce n'est que la difficulté de recrutement des ouvriers spéciaux qui nous empêche jusqu'ici d'y supprimer entièrement l'usage des explosifs. Tous ces chantiers en cul-de-sac sont, tous les jours et deux fois par poste, l'objet d'une inspection rigoureuse au point de vue du grisou, au moyen des lampes Pieler ou Chesneau.

Les avantages de cette méthode sont les suivants:

1° Elle permet le travail à deux postes. En ne travaillant qu'à un poste, on ne saurait arriver aux productions de 1.500 à 2.000 tonnes par puits que nécessitent les frais de premier établissement, toujours très élevés en Russie;

2° Les abateurs se trouvent constamment protégés par un toit intact et par les piles de boisages renforcés qu'exécute, en arrière du front de taille, une brigade d'ouvriers spéciaux;

3° Nous avons supprimé les nombreux accidents signalés ci-dessus, tels qu'accidents de désancrage, de chutes de pierres dans les chambres d'éboulement, etc.;

4° Nous avons supprimé les accidents inhérents à l'emploi des cheminées, résultant surtout du désancrage et de la réparation des boisages;

5° Nous avons obtenu une meilleure répartition du courant d'air, par suite de la suppression des pertes d'air provenant de ces cheminées multiples ;

6° L'absence presque complète de cheminées, pour l'écoulement des charbons, nous permet d'extraire des produits plus propres.

Les pertes d'air entre la voie de roulage et la voie d'aérage en arrière du front de taille ne sont pas beaucoup plus importantes dans ce système que dans ceux à remblais complets, comme on peut en juger par les expériences suivantes.

La couche Dvoïnoë qui comporte au toit un sillon de schiste charbonneux à 27 % de cendres, épais de 0^m,30, et au mur un sillon de charbon épais de 0^m,45 à 0^m,54, est exploitée avec remblais complets et sans autres cheminées que celles qui se trouvent au has du plancher d'écoulement des charbons abattus. Comme pour les autres couches, des massifs de protection sont ménagés au-dessus de la voie de roulage et en dessous des voies intermédiaires et d'aérage ; nous avons ainsi, dans cette exploitation, le maximum de résistances aux filtrations du niveau d'entrée au niveau de retour d'air.

Voici des expériences de jaugeage exécutées dans cette couche à l'étage de 234^m,30 :

Lieu du jaugeage	Distance au travers-bancs p ^r seconde	Litres	Observations
—	—	—	—
Entrée de la voie de roulage..	1.006 m.	2.150	Moyenne
Voie de roulage.....	213	2.140	des jaugeages
	319	2.140	faits
	532	2.120	par trois
	745	2.080	observations.
	852	2.030	
	958	2.010	
	1.065	1.900	
	1.171	1.850	
	1.227	1.770	
Cheminée au front de taille.....		1.760	

Pertes totales : 2.150 — 1.760 = 390 litres, soit 18,5 %.

La couche Mazourka dont l'ouverture est de 1^m,50, présente au mur un sillon de charbon schisteux à 25 % de cendres de 0^m,20 d'épaisseur et, au contact immédiat du toit, un sillon de 0^m,40 de charbon schisteux avec de nombreux rognons de pyrite. Elle est exploitée par notre méthode de remblayage partiel, avec mise au remblai du sillon du mur seulement et enlèvement aussi complet que possible de la partie pyriteuse, afin de ne pas provoquer d'incendies.

La voie de retour d'air est établie en ferme dans une veinette située à 24 mètres au nord de la couche que l'on recoupe tous les 150 mètres par un petit travers-bancs ; le creusement de ces travers-bancs donne, ainsi que les travaux de réparation des voies, des matériaux pour le remblayage partiel des gradins supérieurs.

Lieu du jaugeage	Distance au travers-bancs	Litres par seconde		Observations
—	—	—		—
Voie de roulage.		3.840 et 3.950		Expériences faites deux jours différents
	1.006 m.	3.280	3.550	
	213	3.100	3.650	
	319	3.040	3.520	
	426	3.130	3.350	
	650	3.120	3.260	
Cheminée au front de la voie de roulage.....	680	3.050 et 3.110		
Pertes totales...	3.840 —	3.050 = 790		litres, soit 20,6 %.
Id. ...	3.950 —	3.110 = 840		litres, soit 21,2 %.

On voit que la différence entre les pertes d'air dans ces deux couches n'est pas considérable et ne saurait être invoquée pour critiquer la nouvelle méthode.

Les seules difficultés que présente cette méthode au point de vue de l'aérage, proviennent des chantiers en cul-de-sac qui précèdent la tranche inférieure ; mais, comme nous l'avons dit, ces chantiers sont soigneusement aérés au moyen de ventilateurs à air comprimé,

et l'on arrivera à y supprimer entièrement l'usage des explosifs, dès que l'on aura formé des brigades d'ouvriers exercés à l'emploi des perforatrices à bras et des aiguilles multiples.

Le Président de notre séance d'aujourd'hui, M. Kotsowsky, a publié dans le *Gornii Journal* de février 1900 une très intéressante étude critique sur ces méthodes d'exploitation sous le titre : *Peut-on exploiter par foudroyage les couches en dressant d'une épaisseur moyenne et faible ?* Nous avons été heureux de lui voir exprimer, dans cette étude, un avis favorable sur nos méthodes nouvelles.

Je n'abuserai pas plus longtemps de vos instants ; mon seul but était de vous présenter notre brochure dans laquelle vous trouverez de nombreux détails sur des exploitations qui, en 1899, ont donné 8 % de la production totale du Donetz et qui espèrent arriver à 10 % de cette production en 1900.

Progrès de l'industrie minérale et métallurgique aux Etats-Unis

Par M. James DOUGLAS.

M. James DOUGLAS. — Messieurs, tout en appréciant hautement l'honneur de prendre la parole devant vous, je le regrette en ce qui vous concerne, car je ne suis ici que le remplaçant de M. Rothwell qui devait vous présenter lui-même les documents statistiques annoncés à l'ordre du jour. Vous aurez, je l'espère, le plaisir de lire sa communication dans les rapports du Congrès.

A la première séance, j'ai eu l'avantage de remettre à notre secrétaire général, M. Gruner, le 8^e volume de « The mineral Industry » de M. Rothwell. C'est en raison du travail de préparation et d'impression d'une

telle masse d'informations statistiques s'étendant jusqu'à la fin de 1899, avant que 1900 soit arrivé à la moitié de son cours, c'est en raison de ce surcroît de travail, s'ajoutant à tous les autres devoirs de l'éditeur, que vous êtes privés d'entendre en ce moment l'auteur lui-même, qui n'a pas pu, également pour la même cause, terminer sa communication en temps utile pour qu'elle puisse être lue devant vous. M. Rothwell m'a cependant pourvu d'une série de diagrammes, qui montrent graphiquement, d'une manière très saisissante, les merveilleux progrès des mines et de la métallurgie aux Etats-Unis. En les examinant, vous vous rendrez compte que les Etats-Unis sont parmi les plus grands producteurs du monde en métaux lourds, le zinc, l'antimoine et le mercure exceptés. L'Australie dépasse légèrement leur production en or, et bien qu'en 1899 leur production en argent ait été légèrement surpassée par celle du Mexique, l'allure de la courbe est telle pour ce dernier, qu'il n'est pas douteux qu'ils n'arrivent au premier rang dans l'avenir. Bien que l'étain existe dans quelques Etats de l'Union, entre autres le Maine et la Californie, il n'y a pas de mine de quelque importance qui ait été ouverte jusqu'ici et ce métal est le seul dont les Etats-Unis ne soient pas encore producteurs.

C'est surtout dans la production des combustibles minéraux, de la fonte et de l'acier, que les progrès les plus considérables ont été faits. Mais cet accroissement extraordinaire de production n'est pas dû seulement à la possession de ressources minérales d'une grande étendue et d'une grande puissance, mais aussi à l'énergie infatigable déployée dans leurs recherches, à l'ingéniosité et à la puissance de l'outillage mécanique introduit dans les mines, dans le transport des minerais et dans leur traitement métallurgique.

Le contraste entre les méthodes américaine et européenne est particulièrement sensible dans les dispositifs adoptés pour les transports par terre et par eau des minerais de fer et du charbon. Grâce à eux, les minerais de fer de Mesabi Range dans le Minnesota, ont pu être abattus, transportés par rails sur les bords du Lac Supérieur, effectuer 800 miles par bateaux et être vendus dans les ports du Lac Erié au prix de 2,10 dollars par tonne d'hématite pour Bessemer. Ce n'est que par la substitution des machines au travail à la main partout où elle est possible, par l'emploi de longs trains de wagons lourds, de steamers de grandes dimensions et de grande puissance, qu'un tel résultat a pu être obtenu. Veuillez m'excuser si je vous signale ce fait que les forges des côtes de la Baltique ou de la mer du Nord, soit en Angleterre, en France ou en Allemagne possèdent dans le nord de la Suède des dépôts de minerais de fer d'importance et de richesse aussi grandes que ceux du Minnesota, du Wisconsin et du Michigan. Ces dépôts sont presque aussi près d'un port ouvert durant toute l'année et ne sont pas plus éloignés par mer que Cleveland ne l'est de Duluth, et s'il était fait usage, pour le transport des minerais suédois, des moyens employés pour ceux du Lac Supérieur, ils pourraient être fournis aux usines des côtes de l'Europe du Nord à des prix plus bas que les minerais de Mesabi ne sont vendus à Pittsburg. Le fait que la teneur en phosphore des minerais de Gellivara et de Lussavara est assez élevée pour permettre l'emploi de la méthode basique au convertisseur ne saurait d'ailleurs constituer une objection bien forte.

Sans la rapide extension du réseau de chemins de fer des Etats-Unis, le développement de leurs intérêts métallurgiques eût été impossible et ne le serait pas

encore. Aussi doit-on s'attendre à trouver un parallélisme général dans la proportion de l'accroissement graduel de chacun d'eux.

En 1840, le champ ouvert au parcours des locomotives sur les voies ferrées des Etats-Unis était de 4.535 miles ; c'est l'année où fut faite la première tentative pour introduire des statistiques industrielles en tonnage en regard de celles en valeur dans les rapports du census de l'Union. Si l'on compare deux numéros de cette statistique pour l'année 1840 avec les deux numéros correspondants pour l'année 1898, on appréciera quelle valeur l'étendue du réseau peut être pour la mesure de la puissance d'extraction des minerais et de leur fusion. Ainsi, en 1840, il y avait 804 hauts-fourneaux et 797 bas-foyers et forges répandus sur la surface du pays, et vraiment jusqu'aux confins de la civilisation, dans le Michigan et le Wisconsin ; et ces 804 petits fourneaux ne produisaient que 256.100 tonnes de fonte, soit environ, pour chacun d'eux, une tonne par jour et pour leur ensemble un peu moins que n'en produit actuellement, en un jour, l'un des hauts-fourneaux de Duquesne. D'autre part, en 1898, la production en fonte des Etats-Unis a été de 11.773.934 tonnes. Or, si l'on multiplie par 40 le nombre des miles de voies ferrées existant en 1840 et le nombre de tonnes de fonte produites en cette même année, on trouve approximativement les chiffres de l'année 1898, savoir, 181.400 miles pour les voies ferrées, alors que le chiffre exact est 184.603 miles et 10.244.000 tonnes. pour la fonte quand le chiffre de la statistique est 9.652.480.

De tels parallèles augmentent la valeur des comparaisons statistiques, et, en vérité, si la statistique doit s'élever à la dignité de science, ce ne peut être que par l'étude des relations des faits épars que les statis-

ticiens se contentent trop souvent de conduire en bon ordre jusqu'à la dernière colonne de leurs tableaux.

Un intéressant exemple de relations de ce genre se rencontre dans les accroissements respectifs de la production du fer et du cuivre pendant la dernière moitié du siècle.

Le Play estimait la production du cuivre dans le monde, en l'année 1850, à 52.400 tonnes. Elle est actuellement aux environs de 500.000 tonnes (la statistique pour 1899 l'évalue à 475.975 tonnes). Il n'est pas possible d'arriver à un chiffre exact pour la production de la fonte dans le monde en 1850 ; mais ce chiffre oscille entre 3.500.000 et 4.000.000 de tonnes. En 1899, cette production excédait légèrement 40.000.000 de tonnes. Les deux métaux ont donc vu leur production s'accroître sensiblement dans la même proportion pendant la seconde moitié du dix-neuvième siècle, alors que les arts mécaniques se développaient d'une manière si extraordinaire. Le monde a donc toujours besoin de ces deux métaux dans une même proportion que par le passé pour satisfaire à la consommation de ses industries mécaniques les plus modernes. En poussant encore plus loin des comparaisons de cette sorte, ne peut-il pas devenir possible de prédire, avec quelque probabilité, les prix et les productions qui devront se produire.

En terminant, je vous dois des excuses pour le caractère trop superficiel de quelques remarques que vous m'avez fait l'honneur d'écouter et qui n'ont eu d'autre but que de servir d'introduction à l'importante communication que M. Rothwell compte pouvoir envoyer pour vos *Comptes Rendus*.

**Emploi des résidus de naphthe
pour la fabrication des agglomérés de houille.**

Par M. Léon-Jessé Roux.

M. Léon-Jessé Roux. — Messieurs, je me permets d'appeler l'attention du Congrès sur une question qui présente un intérêt pratique et qui constitue une nouveauté.

Je veux parler de l'application des résidus de naphthe à la fabrication des agglomérés de houille, vulgairement appelés briquettes.

Avant 1855, la fabrication des agglomérés de houille était à peu près nulle.

A peine parlait-on d'une usine d'essai établie à Saint-Etienne, où un ingénieur obtenait un produit en mélangeant des menus fins de houille avec du goudron de gaz; en soumettant ce mélange à une forte compression et à une distillation dans une étuve, il obtenait des briquettes solides.

Les chemins de fer qui se développaient, la navigation à vapeur qui se créait, exigeaient un combustible supérieur assez dur pour résister aux manutentions diverses qu'il avait à subir.

Dans les cahiers des charges des premiers chemins de fer, on imposait l'emploi du coke, qui présentait tous les avantages de solidité et de bonne conservation.

Pendant ce temps, la fabrication des agglomérés de houille ou briquettes avait fait un grand progrès et donnait un combustible remplissant toutes les conditions recherchées par les chemins de fer et par la navigation.

Aussi les chemins de fer abandonnèrent bientôt le coke à cause de sa cherté et de la difficulté de s'en

procurer et adoptèrent immédiatement les briquettes de houille.

Quant à la marine, elle s'empresse d'adopter ce combustible qui lui offrait tous les avantages de régularité, de pouvoir calorique et de facilité d'arrimage, toutes conditions si avantageuses pour elle.

Sous cette double influence, la fabrication des agglomérés ou briquettes de houille est arrivée à donner à chaque industrie un combustible artificiel, composé presque chimiquement, suivant les besoins de chaque consommateur.

La marine demande-t-elle un combustible destiné à ses torpilleurs ou à ses croiseurs, on lui donne des briquettes à combustion rapide, presque dépourvues de cendres et ne donnant pas de fumée.

Les chemins de fer ont-ils besoin, pour gravir de fortes rampes ou pour accélérer la vitesse de leurs trains rapides, de développer beaucoup de chaleur, on leur donne des briquettes à faible teneur de cendres, riches en carbone et d'un petit modèle.

Bref, le fabricant d'agglomérés peut à sa volonté faire un combustible supérieur, renfermant toutes les qualités des divers genres de houilles et répondant absolument à l'emploi auquel il est destiné.

On a cherché à remplacer le brai, qui est la matière agglomérante le plus généralement employée, par toutes sortes de substances.

C'est dans cet ordre d'idées que, sur les indications de M. Emile Graffin, ingénieur civil des mines, ancien directeur de la compagnie des mines de la Grand-Combe, j'ai été amené à étudier la question des résidus de naphte.

C'est à ce titre que j'ai l'honneur de faire part au

Congrès des résultats que j'ai obtenus en employant les résidus de naphthe comme matière agglomérante.

Cette question présentait un intérêt spécial pour la Russie, pays dans lequel le brai de houille n'existe pas et dans lequel, au contraire, les résidus de naphthe sont en abondance.

Le combustible presque exclusivement employé en Russie jusqu'à ces vingt dernières années, était le bois (bouleau, aune, tilleul, pin, etc.); d'immenses forêts s'étendaient, en effet, de l'Oural jusqu'à la Vistule, et semblaient devoir satisfaire éternellement aux besoins locaux.

Mais l'accroissement du réseau ferré, l'éveil industriel de cet immense empire, avec le développement extraordinaire de ces dernières années, eurent tôt fait de modifier les conditions primitives; le bois se raréfia, les cercles de déboisement autour des centres industriels prirent une telle importance que les transports devenus nécessaires vinrent, en grevant son prix de revient, faire du bois un combustible cher, presque difficile à approvisionner; en quelques points même, une réglementation officielle et protectrice vint interdire, dans certains cas, l'emploi du bois comme combustible, il fallut chercher autre chose.

Le *naphthe*, que les provinces du Sud de la Russie produisaient et produisent encore en abondance toujours croissante, fut alors essayé. Les résultats, en tant que chauffage, furent excellents; mais si son emploi ne se généralise pas davantage, c'est à cause, d'une part, des flammes de chalumeau auxquelles il donne lieu et qui mettent assez rapidement les chaudières hors de service et, d'autre part, à cause de la hausse du prix du naphthe que nous avons vu passer, en quelques années, de 3 à 14 kopecks le poud, à Bakou.

Le coke aurait bien rempli les conditions requises pour un bon emploi dans la marine et les chemins de fer (solidité, non altération à l'air, etc.), mais ce combustible est relativement rare, difficile à se procurer.

On fut donc nécessairement amené à employer de l'anhracite ou de la houille, malgré les inconvénients très réels et bien connus de ces combustibles. On sait, en effet, que l'anhracite nécessite un fort tirage, que la mise en pression avec ce produit est longue et pénible, qu'enfin le régime de combustion est long à modifier, et qu'ainsi ce combustible se prête mal à des services demandant une certaine marge d'efforts, une certaine élasticité.

Quant à la houille, assez généralement employée en Russie, elle est extrêmement friable, se décompose à l'air en perdant une partie de ses propriétés calorifiques, s'échauffe facilement en tas, etc., etc.

Frappé de l'intérêt qu'offrent les combustibles agglomérés, en général, et pénétré des conditions spéciales dans lesquelles se trouve la Russie, j'eus l'idée de fabriquer des briquettes de poussières d'anhracite et de menus de houille, en employant comme agglomérant les résidus de naphte, ce qui jusqu'alors n'avait jamais été réalisé.

Je pouvais utiliser les matières premières existant dans la contrée même (menus combustibles, résidus des raffineries de naphte); je débarrassais les exploitants de mines des fines et des menus encombrants, difficiles à écouler et dangereux à conserver longtemps en tas; enfin, je mettais à la disposition des consommateurs un combustible dont la composition est facile à modifier en jouant convenablement des trois éléments dont on dispose: poussières d'anhracite, fines de houilles lavées ou non, résidus de naphte plus ou moins purs.

Par les nombreuses communications qui vous ont été faites, vous avez pu vous rendre compte du développement considérable de l'industrie houillère en Russie. Par suite, vous pouvez en déduire que les menus, qui sont toujours une gêne pour les mineurs, seront de plus en plus en quantité considérable, et combien la question de leur utilisation devient de plus en plus importante pour la Russie.

Je ne décrirai pas les différentes tentatives qui ont été faites dans ce sens, et je me bornerai à lire quelques extraits de la brochure que j'ai l'honneur de déposer sur la table du Congrès et qui sera distribuée à chacun de ses membres (1).

Ceux que la question intéresse trouveront dans ces chiffres, dont je puis garantir l'exactitude, tous les arguments qui leur seront nécessaires pour se convaincre que l'on peut arriver à produire des briquettes ayant un pouvoir calorifique élevé, dans les conditions diverses que peuvent souhaiter les différents consommateurs.

Ces renseignements résultent des essais qui ont été faits tant dans la marine que dans les chemins de fer. Il est à remarquer l'unanimité avec laquelle les rapporteurs des diverses Commissions se sont plu à constater la facilité d'emploi de ce combustible; les mécaniciens eux-mêmes, hostiles d'ordinaire (comme tous les praticiens-nés) aux innovations, ont trouvé un tel avantage à l'emploi des briquettes qu'ils l'ont à plusieurs reprises déclaré, trouvant qu'ils pouvaient, grâce à elles, rattraper les retards et même obtenir beaucoup plus de leur matériel. Nous lisons en effet dans le

(1) Etude sur les Briquettes Léon-Jessé Roux. Essais officiels et intérêts de leur application en Russie. (Brochure avec graphiques.)

rapport de M. Ragozine, chef du service de la traction des chemins de fer de Varsovie à Saint-Petersbourg :

« La briquelette proposée est désirable pour le chauffage des locomotives, d'autant plus qu'on a constaté la possibilité de chauffer avec elle la locomotive Ka, en cours de route pour trains courriers, chauffage qui était difficile avec le bois et impossible avec la houille du Donetz. »

La fumivorité est presque complètement réalisée par l'emploi des briquelettes ; quant à la proportion de cendres et de machefers produits, elle est très inférieure à ce que donne la houille ; les quelques résultats suivants, extraits des tableaux récapitulatifs donnés dans la brochure, sont éloquentes à cet égard : les briquelettes essayées ont donné 5 à 6 % de cendres et machefers, exceptionnellement 8, 4 % ; elles donnaient 2 à 5 % de cendres seules, exceptionnellement 7, 6 % ; par contre, la houille a donné 14 et 20 % de cendres et machefers, 9 et 17 % de cendres seules.

Les essais de vaporisation faits à Kronstadt, dans les ateliers mécaniques d'Ijaura, et sur la ligne de Varsovie à Saint-Petersbourg, montrent qu'on peut compter vaporiser en moyenne 9 kilogs 7 d'eau par un kilogramme de briquelettes. Ils montrent aussi que, la consommation par unité de surface de grille pouvant être extrêmement variable, on peut arriver à vaporiser aussi facilement 400 kilogrammes ou 2.000 kilogrammes d'eau par mètre carré de surface de grille et par heure.

On voit que la puissance des machineries variait de 64 à 1.800 chevaux, les vitesses de 5 à 16 nœuds, la pression de vapeur en service normal de 3, 7 à 11, 7 kilogrammes.

On a fait faire aux trains d'essais des services variés

(marchandises, voyageurs, poste, courrier, etc.); les vitesses ont varié de 20 à 57 kilomètres à l'heure ; on a constaté que la consommation de briquettes par tonne-kilomètre variait de 19 à 61 grammes, croissant rapidement et presque proportionnellement avec la vitesse.

Il est fort instructif de connaître l'impression personnelle des hauts fonctionnaires qui ont organisé et dirigé les essais, nous citerons quelques extraits des rapports officiels.

L'Amiral Hildebrant, commandant la division navale de la Baltique, s'exprime ainsi :

« Les briquettes brûlent bien et produisent rapidement de la vapeur avec absence presque complète de fumée...

« Personnellement, ayant assisté aux essais, je me suis fait une idée complète que les briquettes Jessé-Roux sont bonnes pour être utilisées sur les navires de la flotte, parce qu'elles sont fabriquées avec le charbon national du Donetz, et qu'en même temps leur usage donne de grands avantages comparativement à ce charbon ».

L'ingénieur-mécanicien Wohngaz, président de la commission des essais de Sébastopol, dit de son côté :

« Le travail des chauffeurs avec les briquettes est plus facile, sans comparaison, qu'avec les houilles même de meilleure qualité, et cette circonstance est très importante pour les torpilleurs. »

En se basant sur toutes les considérations ci-dessus exposées, la commission a pris la conclusion qu'il faut admettre l'emploi des briquettes sur les vaisseaux de la flotte.

Enfin, l'ingénieur-mécanicien supérieur Pastoukoff, dit :

« Tous les essais ont prouvé la supériorité considérable des briquettes sur l'anthracite et la houille. Plusieurs des avantages des briquettes, ci-dessus exposés, relativement aux autres espèces de combustibles, font des briquettes Jessé-Roux un combustible unique, après les résidus de naphte, pour les vaisseaux de guerre, ne tenant pas compte même de l'économie comme qualité principale. »

Pour les chemins de fer, M. Ragozine s'exprime ainsi :

« Le chauffage des chaudières de locomotives avec les briquettes est très simple, comparativement au chauffage avec de la houille du Donetz ; il ne demande pas de savoir particulier de l'aide ou du chauffeur. Les briquettes donnent considérablement moins de maches et de cendres que la houille, elles n'obstruent pas comme les tubes et la boîte à fumée. Les essais permettent de reconnaître que la briquette Jessé-Roux est désirable pour le chauffage des locomotives. »

Reste donc seulement la question économique.

Il résulte des essais que nous avons passés en revue et aussi des renseignements statistiques du Ministère des voies et communications (donnant l'équivalence calorifique de 110 pouds de houille du Donetz et de 71 1/2 pouds de naphte), il résulte, dis-je, que les consommations moyennes des divers combustibles peuvent se considérer ainsi qu'il suit, en rapportant tout, en poids, à une consommation de 100 kilos de briquettes.

Dans la marine, une consommation de 100 kilogrammes de briquettes équivaut à une consommation de	{	86 kilogr. de naphte.
ou 133 —		de houille.
ou 154 —		d'anhracite.

Dans les chemins de fer, $\left\{ \begin{array}{l} \text{cette même consommation de} \\ \text{100 kilogrammes de briquettes} \\ \text{équivalent à une consommation} \\ \text{de.....} \end{array} \right. \begin{array}{l} 105 \text{ kilogr. de naphte.} \\ \text{ou 161 — de houille.} \\ \text{ou 461 — de bois} \end{array}$

Si nous voulons maintenant chiffrer les économies en poids que le combustible briquettes réalise sur les autres, nous trouvons :

Economie réalisée sur le bois....	76 % (essais chemins de fer)
— — l'anhracite	35 % (essais marine).
— — la houille {	32 % (essais chemins de fer)
	23 % (essais marine).

De la statistique minérale.

Par M. LE NEVE FOSTER,

inspecteur des Mines, professeur à l'Ecole des Mines de Londres.

M. LE NEVE FOSTER. — Messieurs, je regrette vivement que mon ami, M. Rothwell, n'ait pu assister au Congrès pour vous entretenir, comme il en avait l'intention, de la statistique minérale et en particulier de la statistique internationale. Je voudrais appeler moi-même votre attention sur cette importante question.

Il est en effet très regrettable qu'il n'existe pas une entente entre les principales nations minières en vue de rendre comparables leurs statistiques de l'industrie minérale ; actuellement, il n'est possible d'établir aucune statistique internationale.

Ainsi que je l'ai déjà signalé dans un mémoire présenté au Congrès minier de Chicago en 1893, les cinq données sur lesquelles il serait surtout utile de se mettre d'accord, en les définissant d'une manière uniforme, sont les suivantes :

1° Nombre de personnes employées dans les mines et carrières ;

- 2° Quantités extraites ;
- 3° Valeur des produits ;
- 4° Nombre de personnes tuées par les accidents ;
- 5° Chiffres indiquant la mortalité par les accidents.

Sur tous ces points, il y aurait des questions à discuter.

Par exemple, les mots *mine* et *carrière* n'ont pas les mêmes significations dans tous les pays. En Angleterre, nous désignons par le mot *mine* toute exploitation souterraine, quelle que soit la substance extraite ; dès que l'exploitation est à ciel ouvert, elle est qualifiée *carrière*. En France, ces deux mots ont des sens tout différents.

En ce qui concerne les quantités extraites, doit-on, dans le cas de minerais métalliques, donner le poids de minerai cru ou celui de minerai lavé propre à être livré aux usines métallurgiques ? Quelques pays donnent même la quantité de métal produit et non celle de minerai.

La valeur des produits n'est pas toujours calculée sur le carreau de la mine.

On n'est même pas d'accord sur ce qui constitue un accident mortel.

Enfin, pour se rendre compte des risques professionnels, il faudrait qu'on connût séparément le nombre des ouvriers du fond et du jour, qu'on décidât si les moyennes doivent être basées sur l'année ou tenir compte du nombre de jours de travail très variable suivant les pays.

J'estime que la seule manière d'arriver à une entente serait de convoquer une réunion de délégués de tous les pays miniers, qui serait chargée de fixer les bases d'une statistique internationale.

M. HARZÉ. — Les desiderata formulés par l'honorable M. Le Neve Foster sont réalisés en partie dans un certain nombre de pays miniers. C'est ainsi que, en France, en Allemagne, en Angleterre, en Belgique, les statistiques séparent les mines métalliques des charbonnages ; elles donnent d'une manière distincte le nombre des ouvriers du fond et celui des ouvriers du jour, etc.

Mais malheureusement, les méthodes d'évaluation ne sont pas les mêmes. Il y a par exemple des pays où la consommation des mines est déduite de l'extraction pour calculer le chiffre de la production. De même le nombre des ouvriers est évalué suivant des règles différentes ; dans certaines statistiques, on donne le nombre moyen par jour des ouvriers présents, en supprimant parfois le lundi, jour où il y a un nombre anormal d'absents. Ailleurs, on prend tous les ouvriers inscrits, y compris les malades et les blessés. L'évaluation du nombre annuel des journées de travail mérite aussi une attention spéciale ; suivant les habitudes locales, suivant les grèves qui se sont produites, ce nombre varie d'une région à l'autre, et, dans chacune d'elles, d'une année à l'autre.

Il y a donc dans nos statistiques un réel manque d'uniformité ; et une entente entre les divers pays producteurs, bien difficile à réaliser, serait une chose très désirable. Si un congrès spécial de statistique, ou l'un de nos congrès miniers, pouvait arrêter des règles précises, j'en serais, pour ma part, très heureux.

M. HENRY LOUIS. — Messieurs, je me rallie entièrement à l'opinion émise par M. le Professeur Le Neve Foster, conformément aux idées de M. Rothwell qui a déjà tant fait pour les progrès de la statistique minérale.

A l'heure qu'il est, la statistique minérale internationale n'est, pour ainsi dire, qu'un mot, car il est à peu

près impossible de comparer entre elles les statistiques de deux pays différents. On pourrait presque dire qu'une statistique minérale quelconque ne peut être bien comprise que par celui qui l'a faite ou par ceux qui l'ont étudiée pendant plusieurs années. Il y a un manque absolu d'entente sur ce que doit comprendre une statistique minérale, sur ce que doivent représenter les différentes rubriques, et sur les unités à adopter.

Plusieurs Etats, par exemple, donnent dans leurs statistiques la production des mines, des minières et des carrières, tandis que d'autres se bornent strictement à celle des mines. En Angleterre, la production d'une carrière ne figure que si l'exploitation a plus de 20 pieds (6 mètres) de profondeur. Dans certains pays, le sel gemme et le sel marin sont compris parmi les substances minérales ; dans d'autres, on ne compte que le premier ; dans d'autres encore, ni l'un ni l'autre. La même confusion règne au sujet des eaux minérales, de la tourbe, de la castine, de la terre à briques, et de beaucoup d'autres produits.

Il faut remarquer encore que, sous le nom d'une substance minérale déterminée, on ne comprend pas toujours des éléments identiques. Des divergences existent, à ce point de vue, non seulement d'un pays à l'autre, mais aussi entre les différentes exploitations d'un même pays. Ainsi, la rubrique *houille* s'applique, chez nous, en Angleterre, à toute la houille extraite, en y comprenant les sortes marchandes, le menu, les déchets de triage et de lavage, et aussi la houille consommée par le charbonnage lui-même, y compris celle distribuée aux ouvriers. Il en résulte que si deux houillères produisent la même quantité de charbon marchand, et que l'une trie son charbon au fond tandis que l'autre le trie à la surface, ces deux exploitations figureront avec des productions différentes.

Au Transvaal, sous la rubrique *or*, sont compris et l'*or* provenant de l'amalgamation qui contient environ 88 % d'*or* pur, et l'*or* donné par la cyanuration qui ne tient que 67 % de métal pur. En général, d'ailleurs, les mots *or* et *argent* ne désignent pas dans les statistiques ces métaux mêmes, mais des alliages où ils entrent en plus ou moins grande proportion.

Dans la statistique espagnole, le chiffre de la production du minerai d'étain a sauté subitement, il y a deux ou trois ans, de 20 ou 30 tonnes à plusieurs milliers de tonnes. Ce n'est qu'après une longue enquête que j'ai pu constater que cette hausse importante ne représentait aucun changement dans la production, mais que les anciens chiffres se rapportaient au minerai lavé, et les plus récents au minerai brut. Ces exemples suffisent à montrer le manque de principes qui règne dans les statistiques.

Quant aux unités à adopter, j'estime que toutes les quantités devraient être rapportées à la tonne de 1.000 kilogs, et les valeurs à la livre sterling. La plupart des pays emploient la tonne comme unité de poids; cependant, quelques-uns ne l'ont pas encore adoptée. En Autriche, par exemple, l'unité en usage est le *centner* de 100 kilogs; il n'y a évidemment qu'à déplacer la virgule pour effectuer la conversion; mais il serait plus simple de trouver ce petit travail tout fait et d'arriver à une uniformité complète. Naturellement, lorsque les unités d'un pays ne sont pas celles que je demande ici, il faudrait que les unités légales et les unités internationales figurent à la fois dans ses statistiques.

J'ajoute que le calcul des valeurs présente des difficultés spéciales parce qu'il est basé sur des données très variables. Dans les pays où une redevance doit être payée sur la valeur de la production minérale, les exploitants ont un intérêt évident à déprécier cette

valeur. Par contre, quand l'exploitant est une Société anonyme dont les administrateurs jouent à la Bourse, ils peuvent avoir intérêt à l'exagérer. Je cite ce cas pour faire voir combien l'établissement d'une statistique exacte est une tâche difficile et délicate.

Je laisse d'ailleurs de côté toutes les questions relatives aux ouvriers, aux blessures, aux accidents ; comme M. le Neve Foster l'a indiqué, l'absence de bases fixes est encore plus évidente pour ces données que pour les autres. Je conclus en appelant de nouveau l'attention sur l'importance considérable d'un accord entre ceux qui sont chargés d'établir les statistiques minérales.

M. PELLATI. — J'ai entendu avec beaucoup d'intérêt les observations qui viennent d'être présentées au sujet de la statistique minérale, et sur l'utilité de réunir un Congrès pour traiter la question. Je suis d'accord avec mes collègues pour reconnaître qu'il y aurait beaucoup à faire à cet égard. Je ne crois pas cependant que tous les défauts qui ont été reprochés aux statistiques actuelles soient de ceux qu'un Congrès international puisse supprimer.

En ce qui concerne notamment les différentes unités employées, les divergences qu'on a relevées ne nuisent nullement à l'exactitude des statistiques ; la conversion est toujours facile à faire. On sait, par exemple, qu'en Angleterre on compte par tonne de 1.016 kilogs, et chez nous, en Italie, par tonne de 1.000 kilogs ; de même, nous savons que le *centner* autrichien vaut 100 kilogs. Quoi qu'il en soit, il serait, je le reconnais, très désirable que tous les pays aient les mêmes unités ; c'est le but que s'étaient proposé d'atteindre les introducteurs du système métrique, et c'est son extension qui permettra d'arriver à l'uniformité souhaitée par tous. Aussi doit-on constater avec plaisir que ce système

est en vigueur dans la plupart des pays ; les Etats-Unis paraissent être sur le point de l'adopter, et l'Angleterre même est dans la même voie.

On s'est plaint aussi avec raison de ce que les statistiques évaluent, suivant des bases différentes, les quantités de produits extraits ; et de ce que pour la houille, par exemple, les uns tiennent compte des schistes qui en seront séparés après son extraction, tandis que les autres déduisent les déchets de triage. Il est juste toutefois de reconnaître que, dans la plupart des cas, les statistiques mêmes nous renseignent sur ce que représentent les chiffres qui y figurent ; on sait donc, le plus souvent, dans quelle mesure ces derniers sont comparables d'une statistique à l'autre.

En résumé, je conviens avec M. Le Neve Foster qu'il serait bon de se mettre d'accord pour introduire plus d'uniformité dans les statistiques. Mais je crois, qu'en fait, celles existant actuellement, comme celle de la France qui est si bien faite, ou celles de l'Angleterre et d'autres pays, contiennent en elles-mêmes toutes les données nécessaires pour qu'on puisse en déduire les renseignements qu'on y cherche, et qu'elles répondent bien au but pour lequel elles ont été créées.

M. DUJARDIN-BEAUMETZ. — Je tiens à m'associer aux critiques formulées par MM. Le Neve Foster, Harzé et Henry Louis ; il n'y a en effet aucune concordance entre les renseignements donnés par les statistiques. Je n'en citerai qu'un exemple : le mot *tué* semble avoir un sens clair et précis ; et cependant le nombre des tués n'est pas compté de la même manière dans les différents pays ; parfois on n'y comprend que les personnes tuées sur le coup ; ailleurs, on y ajoute celles qui sont mortes à la suite de l'accident dans un délai plus ou moins long.

Ainsi, à une époque où la statistique des risques professionnels prend une importance si grande, en vue des assurances prévues par les lois sur les accidents, les données même relatives aux nombres de tués n'ont aucune valeur comparative.

Fabrication du coke avec du charbon comprimé.

Par M. PETITJEAN, ingénieur civil des Mines.

M. PETITJEAN. — Messieurs, je vous demande pardon de vous faire passer de la question très intéressante que vous venez d'entendre, à une question toute spéciale.

Je voudrais parler de la fabrication du coke pratiquée avec du charbon comprimé.

Vous savez qu'en Allemagne le procédé Otto a donné des résultats satisfaisants, ainsi qu'en France, où il est, je crois, appliqué avec succès, mais peu répandu.

Les houilles à coke devenant malheureusement de plus en plus rares, un certain nombre d'ingénieurs pensent que l'application de la compression peut rendre des services assez importants.

La Société des mines d'Albi a du charbon qui contient 31 % de matières volatiles. Le coke qu'il donne, dans les fours Coppée, est relativement dur, mais plus léger que celui obtenu avec des houilles type de 22 à 26 % de matières volatiles.

Il était donc naturel que le Conseil d'administration de la Société ait, ainsi que son directeur, les yeux fixés sur ceux qui pratiquaient la compression ; mais toutes les mines ne peuvent employer le procédé Otto ; beaucoup le trouvent cher. C'est pour cette dernière raison que M. Emile Grand, ingénieur, directeur des mines d'Albi, prit en main l'étude de l'amélioration du coke qu'il fabriquait déjà ; et se rappelant comme moi que,

pour bien laver un charbon il faut faire des essais sur ce charbon lui-même, il entreprit d'effectuer de même des essais de compression sur le charbon à enfourner.

Pour cela, il a fait établir des caisses en bois, dans lesquelles on a comprimé le charbon avec des poids déterminés. On a enfourné ces caisses au milieu du pain de charbon à cokéfier, dans l'un des fours Coppée.

Le charbon de la caisse a donc subi la même température que celui avec lequel elle était en contact. On a vu, au défournement, que le résultat était déjà satisfaisant. Mais que pouvait donner la compression dynamique au lieu de la compression statique employée ? C'est ce qu'on a cherché à déterminer à l'aide de nouveaux essais. En procédant pour l'enfournement et le défournement avec les mêmes précautions que précédemment, on a acquis la conviction que le charbon comprimé au moyen d'un poids déterminé, tombant d'une hauteur très faible, de 0^m,25 seulement, donnait du coke notablement plus serré que celui obtenu par la compression statique.

Partant de là, M. Grand s'est dit : Si l'on faisait la compression dans le four même ? C'est en cela que le système dont je vais parler diffère des autres et notamment du procédé Otto. Avec ce dernier, on comprime hors du four sur une grande spatule, des couches du charbon à enfourner ; on enfourne mécaniquement avec la spatule ; on la retire de même, le pain de charbon étant retenu dans le four par la porte même qu'on a refermée ; au contraire, dans le système breveté de M. Grand, dont nous avons exposé des photographies à l'exposition des mines, on comprime dans le four même. C'est un système nouveau, expérimenté depuis trois mois seulement.

Il consiste en un chariot-chevalement qui roule sur le groupe de fours et porte à sa traverse supérieure

cinq galets à rainures hélicoïdales sur lesquels s'enroulent cinq chaînes, en même nombre que les portes du four par lesquelles nous avons à introduire les poids compresseurs ou dames.

Au-dessus de cette traverse supérieure se trouve un axe sur lequel sont placés cinq petits tambours. Chaque chaîne vient s'attacher sur le tambour correspondant, et elle est destinée à retenir, à soulever, ou à laisser tomber la dame ou batte qu'elle supporte. Elle est reliée à une tige en fonte. Chaque batte pèse 250 kilos, à 0^m,48 de longueur et 0^m,45 de largeur; vous voyez donc que, les fours ayant 0^m,60 de largeur, elle n'en atteindra pas les parois, guidée qu'elle est dans sa descente par des galets.

L'arbre sur lequel s'enroule chaque chaîne est commandé par un treuil placé à l'extrémité des fours. Les hommes qui manœuvrent cet arbre sont sur une plateforme et en dehors de la fumée.

Quatre treuils sont d'ailleurs nécessaires pour faire le service entier des fours : deux servent à soulever les portes de côté et les deux autres sont destinés à la manœuvre dont je viens de parler, c'est-à-dire à l'appareil de compression proprement dit.

Les trous de chargement sont légèrement coniques; leur grande base, à la partie supérieure de la voûte du four, et la petite, à l'intrados.

Les cinq dames ou battes, suspendues au-dessus des cinq portes de chargement, sont solidaires les unes des autres, au moyen d'une tringle en fer manœuvrée dans le sens horizontal par l'un des treuils. Cette tringle, après un premier coup frappé verticalement, amène les dames en dehors de la verticale, à gauche ou à droite, et cela de la quantité voulue pour donner successivement les deux autres coups.

Les trois coups ainsi donnés ont comprimé la charge

de charbon sur presque toute la longueur du four, soit sur les 0,75.

La charge ordinaire étant de 1^m,50 de hauteur, un seul coup de chaque dame pesant 250 kilos suffit pour la réduire de 0^m,17 ; deux coups de 0,25.

Pour faire subir aux battes une seule chute, il faut cinq minutes, et pour deux, dix.

Cet appareil, dont nous avons déposé une notice descriptive avec schéma à l'entrée de cette salle, fonctionne depuis trois mois à Albi, sur une batterie de fours Coppée, dont on a modifié, en les construisant, les portes de chargement, comme nous l'avons dit.

On a fait de nombreuses expériences pour connaître la diminution de porosité obtenue par la compression dynamique, et, par suite, l'augmentation de densité du coke, on a constaté que la porosité diminuait de 40 %.

Ce système, qui n'est pas coûteux, peut convenir aux fabricants de coke qui ne sont pas très riches et qui ont des houilles de 28 à 35 ou 36 %, de matières volatiles. Il peut rendre service aux collègues qui ont du charbon donnant du coke léger et en augmenter la densité d'une manière notable.

Quand on a affaire à des concurrents favorisés, qui ont de beau coke, le fait de diminuer la porosité de 40 %, peut rendre la lutte un peu plus facile, et cela, sans une grande augmentation de frais à la tonne.

Il faut quatre hommes pour manœuvrer l'appareil, mais tout leur temps, il s'en faut, n'y est pas employé.

Aux quelques photographies que vous verrez à l'Exposition, nous aurions voulu en ajouter une qui y aurait utilement trouvé sa place. C'est celle où les dames ou battes seraient descendues sur le pain de charbon, c'est-à-dire sur la charge même. Nous n'avons pu la faire prendre, à cause du dégagement de fumée qui se produit par les portes de chargement.

Le poids total de l'appareil, réparti sur deux essieux et par conséquent quatre roues, est de 14.000 kilos ; comme on peut le payer, suivant les époques, de 0 fr. 70 à 0 fr. 75 le kilo, vous voyez qu'il est possible de réaliser l'amélioration indiquée sans un sacrifice trop lourd.

L'Industrie minérale en Bosnie-Herzégovine.

Par M. PŒCH, conseiller supérieur des Mines.

M. PŒCH. — Messieurs, je désirerais seulement appeler en quelques mots votre attention sur le mémoire que j'ai rédigé au sujet de l'industrie minérale de la Bosnie et de l'Herzégovine et qui vous a été distribué au début de cette séance.

Avant l'occupation de ces pays en 1878 par l'Autriche-Hongrie, on n'y produisait qu'une faible quantité de fer. Le gouvernement austro-hongrois s'est préoccupé d'y développer l'industrie minière et y a fait exécuter de nombreuses recherches ; après quelques essais peu fructueux entrepris par des Compagnies privées, le gouvernement s'est décidé à exploiter lui-même les charbonnages et les autres mines.

Grâce à ces efforts, le développement de l'industrie minière a suivi une marche rapidement ascendante depuis quelques années.

La production de la houille, notamment, nulle jusqu'en 1880, a dépassé 300.000 tonnes en 1899 pour les deux charbonnages de Zenika et de Kreka.

Les minerais de fer sont principalement exploités à Vares, et l'extraction y atteindra cette année 130.000 tonnes, dont 80.000 tonnes seront traitées dans les hauts-fourneaux voisins, le reste étant exporté. La Bosnie produira ainsi, en 1900, 40.000 tonnes de fonte,

et une partie de celle-ci est consommée par l'usine à fer et acier de Zenica.

Je signalerai aussi la production croissante des exploitations de sel (15.000 tonnes), et de minerais de manganèse (5.000 tonnes). Des mines et usines de cuivre ont été mises en marche. En somme, la valeur annuelle totale de notre production minérale s'élève actuellement à près de 10 millions de francs, et environ 5.000 ouvriers sont occupés dans nos exploitations.

Nous ne sommes sans doute, du reste, qu'au début du développement de notre activité industrielle, car bien des gisements reconnus de fer, de pyrite, de minerais de chrome, plomb, zinc, mercure, antimoine et arsenic n'ont pas encore été mis en exploitation.

Je voudrais vous engager à visiter ces deux pays de Bosnie et d'Herzégovine, aussi intéressants au point de vue minier qu'au point de vue ethnographique. Une occasion favorable va bientôt se présenter, car en 1903 le Congrès géologique international se réunira à Vienne ; une excursion en Bosnie-Herzégovine sera organisée, et vous ne regretterez certainement pas d'avoir participé à ce voyage.

La prophylaxie de l'ankylostomase dans les travaux souterrains des mines.

Par M. Paul HABETS.

M. Paul HABETS. — Messieurs, après les savantes communications que vous avez entendues et qui toutes se rattachaient à la technique de l'art des mines, j'ai à m'excuser de venir vous entretenir d'un sujet qui ne touche en rien à celle-ci.

Parmi les devoirs multiples des directeurs de mines, l'étude des questions qui se rattachent à l'hygiène

et à la santé des ouvriers n'est pas des moins importants. Il m'a semblé qu'il ne serait pas sans intérêt de vous mettre au courant des faits que j'ai été à même d'observer, et des mesures prophylactiques que j'ai dû prendre au sujet de l'ankylostomiasie, dont plus de 60 % du personnel ouvrier et dirigeant des charbonnages dont la direction m'est confiée a été trouvé atteint. Il est d'autant plus utile que nous nous occupions de questions semblables dans ce Congrès que la connaissance du mal peut, sinon en préserver complètement nos ouvriers, tout au moins empêcher qu'il ne prenne un caractère général et grave. Trop souvent les médecins, soit par négligence, soit par la réserve que leur impose le secret professionnel, se dispensent de nous donner les plus utiles avertissements.

C'est, sans aucun doute, par suite de cette ignorance, que la propagation de l'ankylostomiasie a pris de si grandes proportions dans nos charbonnages.

L'ankylostomiasie est une maladie parasitaire des pays chauds, des plus répandues en Egypte, dans l'Afrique centrale et l'Amérique, surtout dans le Sud. Elle ne s'est acclimatée dans nos régions que grâce au climat artificiel des mines, à l'intérieur desquelles la température est ordinairement plus élevée et plus constante qu'à la surface du sol.

L'ankylostome duodénal est un ver nématode, filiforme, blanc ou gris brun, suivant qu'il s'agit du mâle ou de la femelle, de 10 à 18 millimètres de longueur (Voir photographies du D^r Herman (Pl. XX, Fig. 5). Son extrémité antérieure est constituée par une sorte de suçoir en forme de cupule, garnie de dents et de crochets (Fig. 6), au moyen desquels l'animal s'implante fortement dans la muqueuse de l'intestin et incise les capillaires pour faire couler le sang dont il se nourrit. Les

pertes de sang entraînent chez le malade une anémie profonde.

Au début, il pâlit de plus en plus, ses forces diminuent rapidement, il transpire au moindre effort, souffre de vertiges, de tintements d'oreilles, de syncopes; il a des palpitations, des suffocations pénibles. Ce sont là les premiers symptômes de la maladie.

Les ankylostomes s'accouplent dans l'intestin de l'homme et les femelles fécondées pondent des œufs en très grand nombre (1) (Fig. 7, 8, 9 et 10). Ceux-ci ne subissent aucune transformation dans l'intestin et sont entraînés dans les matières intestinales et expulsés tels qu'ils sont pondus; la température interne trop élevée et le manque d'oxygène ne permettent pas à ces œufs de se développer.

Abandonnés dans des milieux humides, où la température est comprise entre 22 et 35° c., les œufs se segmentent et donnent naissance à des larves (Fig. 1, 2, 3 et 4). Les œufs et les larves sont microscopiques. Les larves rencontrent, dans les endroits boueux et humides des mines, des conditions spécialement propres à leur développement. Elles ne peuvent toutefois y prendre la forme adulte, d'ordinaire elles s'enkystent et restent vivantes dans cet état pendant des semaines. Ingerées par l'homme, les larves s'arrêtent dans l'intestin grêle et acquièrent en peu de temps la forme adulte.

L'ingestion de larves est le seul processus qui donne naissance à des ankylostomes et ceux-ci ne se rencontrent dans la nature que dans l'intestin de l'homme. C'est aussi la seule contamination et toutes les mesures prophylactiques doivent tendre à empêcher l'ingestion.

(1) Leichtenstern en a compté 18.910 dans un gramme de matières fécales.

L'ankylostome a été découvert, en 1838, par Dubini, dans l'intestin grêle d'une jeune paysanne, morte à l'hôpital de Milan. Perroncito démontra, en 1880, qu'on devait lui attribuer l'anémie particulière, dite « anémie du Tunnel » qui faisait des ravages parmi les ouvriers du Saint-Gothard.

En 1885, MM. les D^{rs} Francotte et Masius, de Liège, trouvèrent l'ankylostome chez nos ouvriers mineurs. M. Van Beneden, dans le bassin de Mons, M. Mayer dans celui d'Aix-la-Chapelle, firent des constatations analogues. Peu après, M. Mencke le trouvait dans les briqueteries des environs de Bonn ; M. Leichtenstern, dans les tuileries de Westphalie et de la Prusse rhénane.

La découverte, faite en 1885, dans le bassin de Liège, n'a été connue que des cercles médicaux, et comme dans la suite les cas constatés à la clinique de l'hôpital de Bavière se firent rares, on négligea d'attirer l'attention des exploitants sur les dangers de la propagation de la maladie dans les mines.

Depuis lors, nombre de foyers nouveaux furent décrits en Europe, et je voudrais être mauvais prophète en disant qu'il doit y avoir beaucoup de localités minières où la maladie existe, sans avoir été constatée.

Cette opinion, je la tire des faits que j'ai observés. Il y a deux ans, l'ankylostomiasie m'était inconnue ; des publications allemandes et espagnoles attirèrent sur elle mon attention ; tout d'abord, je ne vis là qu'une question intéressante dont je ne pensais pas avoir à m'occuper spécialement, lorsque, quelque temps après, j'appris qu'une anémie spéciale sévissait à l'état épidémique dans une mine voisine des charbonnages de l'Espérance.

Je m'informai auprès de mon ami le D^r Ch. Roersch des caractères de l'ankylostomiasie et des moyens de

combattre cette maladie. Voyant un grand intérêt à la divulgation dans le monde technique de ce que j'appris ainsi, j'engageai le Dr Roersch à publier une note sur cette affection dans la *Revue Universelle des Mines* (1).

En même temps, j'écrivis à cinq médecins agréés par notre Société pour les prier de me faire savoir s'ils avaient reconnu des cas d'ankylostomasie dans notre personnel. Quatre d'entre eux déclarèrent que cette maladie n'existait pas parmi nos ouvriers, un seul me dit en avoir constaté quelques cas depuis un an.

Je pensai à circonscrire le mal, en défendant l'accès des travaux aux ouvriers malades, ou à les écarter de certains chantiers; mais bientôt je fus persuadé qu'un examen général de tout le personnel de nos mines s'imposait.

Si les premiers symptômes de la maladie sont quelque peu vagues, l'examen microscopique des matières fécales, où l'on reconnaît aisément la présence des œufs, permet toujours de poser un diagnostic certain.

J'ai, en conséquence, établi, à notre siège Espérance, un laboratoire spécial de microscopie où, pendant plus de trois mois, il fut fait de vingt à trente analyses par jour.

Dans le début, on fit surtout passer à l'examen ceux de nos ouvriers qui paraissaient les moins bien portants et dont la pâleur semblait caractéristique. Les premiers résultats furent terrifiants, donnant des proportions de 90 % d'hommes atteints et au delà; dans la suite, la proportion s'est réduite tout en restant cependant élevée; l'analyse microscopique décela que 60 % de nos ouvriers du fond hébergeaient des ankylostomes. Des ouvriers dont la santé paraissait des plus florissantes n'en étaient pas toujours indemnes.

(1) *R. U.*, 3^e série, t. XLV (janvier 1899), page 59.

Ces constatations me firent bientôt abandonner les idées premières, de défendre l'accès des travaux aux ouvriers malades, ou de les cantonner dans certains chantiers dans lesquels des précautions spéciales de prophylaxie seraient prises.

L'examen des ouvriers se présentant à l'embauchage me montra que le mal était pour ainsi dire général dans le bassin, malgré les dénégations de certains de mes collègues agissant sur la foi des médecins de leurs Sociétés. Je dus également renoncer à éloigner de nos travaux les ouvriers atteints, mais non incommodés, venant des autres mines.

Nous devons donc nous contenter de soigner les malades, relativement peu nombreux, et de tâcher d'arrêter l'extension de l'épidémie par des mesures prophylactiques sérieuses.

Je n'ai pas la compétence nécessaire pour m'étendre sur le traitement de la maladie ; il consiste ordinairement dans l'ingestion d'extrait éthéré de fougère mâle, répétée aussi souvent que cela est nécessaire, sous le contrôle de l'examen microscopique. Ce remède doit être administré avec prudence, des doses trop élevées peuvent amener des troubles graves, notamment aux organes de la vue. D'autre part, il n'est pas toujours d'une efficacité assurée, soit que l'extrait de préparation ancienne perde ses qualités curatives, soit que les ankylostomes, trop profondément accrochés dans la muqueuse n'en ressentent pas les effets. Il a fallu, dans bien des cas, réitérer plusieurs fois l'administration du médicament pour débarrasser l'intestin de certains patients de ces dangereux parasites.

L'ingestion d'extrait éthéré de fougère mâle est très peu agréable, aussi avons-nous fréquemment constaté que pour se soustraire au traitement, des malades apportaient à la vérification des prises d'essai de pro-

venance frauduleuse. Nous avons pu nous en assurer par des prélèvements authentiques faits à l'insu de nos ouvriers malades qui reprenaient le travail, et par l'incapacité au travail perdurante chez certains sujets pour qui l'analyse avait donné des résultats négatifs.

Après avoir débarrassé le malade, il faut réparer le dommage subi par l'organisme. Cette réparation est souvent lente, car l'ankylostomiasie altère souvent profondément la constitution. Dans les cas de moyenne gravité, il faut deux ou trois mois avant que l'ouvrier puisse reprendre son travail.

Dans les cas rebelles, le malade tombe dans le marasme et est obligé de garder le lit. Il arrive même qu'il meure complètement épuisé ou à la suite d'une des nombreuses complications qui guettent une proie aussi facile.

Nous avons vu que les mesures prophylactiques doivent avoir pour objet d'empêcher l'ingestion des larves. Voyons comment peut se produire cette ingestion.

Bien que la présence de larves n'ait jamais été constatée dans les eaux, même stagnantes de nos mines, on doit évidemment considérer comme dangereux de boire l'eau des sources souterraines dans les mines où la maladie est constatée. Les matières fécales, mélangées aux poussières charbonneuses, forment des boues qui peuvent souiller les vêtements, les outils et les mains.

L'introduction des larves dans le tube digestif s'effectuera dès que l'ouvrier portera ses mains à la bouche pour manger, chiquer ou simplement s'essuyer les lèvres. C'est évidemment le cas le plus général d'infection. M. le Dr Herman a montré, d'autre part, que les larves résistaient un certain temps à la dessiccation, que dès lors l'inhalation de poussières conta-

minées pouvait aussi être rangée parmi les dangers possibles de contamination.

La mesure prophylactique essentielle consiste certainement à purger les travaux souterrains des larves qui peuvent s'y trouver. Pour quiconque sait ce qu'est une mine, l'impossibilité de sa désinfection ne fera aucun doute. Celle-ci serait d'ailleurs d'autant plus difficile en ce qui concerne l'ankylostomiasie, que les acides, les alcalis et les antiseptiques sont sans action sur les larves, ainsi que l'ont démontré les expériences de M. le D^r Herman.

Il peut cependant être utile de nettoyer la mine, en enlevant les matières fécales, le fumier, les boues et les eaux stagnantes. On enlèvera ainsi la plus grande quantité de larves, et celles qui échapperont, ne résisteront que pendant peu de temps. La mine se trouvera donc débarrassée, pourvu que de nouveaux apports ne viennent remplacer des larves qui auront disparu.

Pour éviter ces nouveaux apports, une seule mesure serait efficace : c'est d'interdire aux ouvriers de satisfaire leurs besoins dans les travaux souterrains. Sachant que l'on obtient plus de nos ouvriers mineurs par voie de conseil que par coercition, et la plupart des mesures prophylactiques consistant plus spécialement en précautions individuelles, nous avons tout d'abord cherché à faire l'éducation de notre personnel en procédant hiérarchiquement. Nous avons fait rédiger par le corps médical de nos charbonnages, et distribuer à nos ouvriers, un opuscule intitulé : « Quelques mots aux ouvriers mineurs sur l'ankylostomiasie et sur les moyens de s'en préserver », dans lequel, après avoir exposé dans un langage aussi simple que possible la nature de la maladie et les circonstances dans lesquelles les ouvriers mineurs pouvaient s'infester, nous leur donnons les conseils suivants :

1° DANS LA MINE. *Ne plus aller à la selle dans les travaux souterrains, surtout dans les tailles et les galeries, et ne plus permettre à d'autres d'y aller ;*

2° *Ne pas manger tout aliment qui aurait pu toucher le sol et ne boire que de l'eau propre ;*

3° *Se laver les mains, les lèvres et la moustache avant de manger, de boire, de fumer, de chiquer ;*

4° *Ne jamais porter les doigts à la bouche sans les avoir bien lavés ;*

5° *Ne pas mettre l'anneau de la lampe entre les dents, ni s'essuyer la bouche avec la manche de la blouse ou avec les bras ;*

6° A LA MAISON. *Se déshabiller le plus tôt possible ; en rentrant, mettre les souliers et les vêtements de mine dans un baquet, et ne pas les laisser trainer sur les tables et sur les chaises. Laver les vêtements dans un bac spécial, au moyen d'eau bouillante, et non pas, comme cela arrive souvent, dans l'eau qui provient de la houillère, car cette eau peut contenir des larves. Se laver soigneusement avant de prendre son repas ;*

7° *Consulter le médecin à la première sensation de faiblesse ;*

8° *Se soumettre de bon cœur à l'examen du médecin et se prêter sérieusement et sincèrement aux exigences de ses recherches.*

La Commission médicale de la province de Liège nous a puissamment aidés à instruire nos ouvriers des mesures d'hygiène qu'ils devaient s'imposer en organisant une série de conférences sur l'ankylostomiasie.

Afin de faciliter l'observation des précautions indiquées ci-dessus, nous avons établi, dans les principaux chantiers, des bacs à fermeture hermétique, pour permettre aux ouvriers de satisfaire des besoins impé-

rieux et subits. Ce n'est pas sans difficultés que nous sommes arrivés à faire maintenir ces récipients dans l'état de propreté désirable et à obliger les ouvriers d'y répandre de la chaux vive après l'usage.

Nous avons également mis à leur disposition des tonneaux d'eau propre, pour leur permettre de se laver avant le repas, et leur avons recommandé d'envelopper leurs tartines dans un morceau de papier propre, au moyen duquel ils peuvent les tenir sans les toucher des doigts.

L'Administration des mines s'est émue de la situation, et, comme on devait s'y attendre, a mis à l'étude un règlement sur l'ankylostomiasie. Ce règlement impliquait un classement des mines au point de vue de l'ankylostomiasie et édictait la plupart des mesures que nous parvenons à faire observer assez exactement par la simple persuasion. Un règlement de l'espèce aurait créé de grands ennuis aux exploitants et aux ouvriers, aussi je pense qu'il y a tout lieu de féliciter notre Administration des mines, de n'avoir pas donné le jour à ce projet.

Les mesures que nous avons adoptées sont-elles efficaces ? C'est là une question à laquelle il n'est pas possible de donner, quant à présent, une réponse certaine. Il faut attendre, pour cela, les résultats d'un nouvel examen de notre personnel que nous allons entreprendre.

Quoi qu'il en soit, nous devons constater que, bien que nous n'ayons soigné que les ouvriers réellement malades et non pas tous ceux qui ont été reconnus héberger le parasite, il n'existe plus actuellement d'ouvriers en traitement. Cela tendrait à prouver que les mesures prises ont eu quelque efficacité, et que le nombre des parasites ne s'est pas accru chez la plupart. Peut-être pourrait-on espérer que la guérison

spontanée, qui est possible d'ailleurs, est moins rare que les médecins le supposaient. Il n'y aurait donc pas lieu de s'effrayer outre mesure, pourvu que, prévenu de l'existence de la maladie, on prenne les mesures propres à éviter qu'elle ne se propage, et n'atteigne les caractères de gravité qui ne paraissent dus qu'à des ingestions répétées de larves. C'est pourquoi j'ai pensé qu'il pourrait être utile de vous entretenir de ce sujet, bien qu'il sorte du cadre de nos études techniques.

M. DE NAVAY. — La maladie dont vient de nous entretenir M. Paul Habets, a été signalée dans nos mines de Hongrie il y a une quinzaine d'années. Un règlement a édicté un certain nombre de prescriptions en vue de combattre l'ankylostomiasie. Les mesures prises paraissent avoir été efficaces; car, depuis une dizaine d'années, cette maladie n'a plus été constatée dans les mines de Chemnitz.

M. HARZÉ. — La réglementation projetée par l'Administration des mines de Belgique, dont vient de parler M. Paul Habets, n'avait en réalité d'autre but que de généraliser les excellentes mesures prises par cet ingénieur dans les exploitations qu'il dirige. Mais, avant de statuer, le Gouvernement belge a voulu procéder à une enquête; des comités médicaux ont été formés dans les différents bassins. Cette enquête montrera s'il y a lieu de procéder par voie de règlement; jusqu'à présent, l'Administration a seulement appelé l'attention des exploitants sur l'ankylostomiasie par une circulaire.

M. PELLATI. — Je crois utile de faire connaître que des études sont également entreprises en Italie, au sujet de la même maladie. Celle-ci avait déjà fait de sérieux ravages parmi les ouvriers, pendant le percement du tunnel de Saint-Gothard, et dès cette époque le Gou-

vernement s'en était préoccupé. La question a été abandonnée après la fin de ces travaux. Mais dans ces derniers temps, une épidémie d'ankylostomase a éclaté dans les mines de la Sicile avec une grande violence; l'Administration a de nouveau porté son attention sur les mesures à prendre; on a nommé une Commission qui va déposer son rapport dans quelques jours. Grâce aux éléments que celle-ci nous fournira, grâce aussi aux études déjà faites en Belgique, nous espérons trouver les moyens d'apporter de sérieux remèdes à la situation actuelle.

M. HARZÉ. -- A titre de renseignement, j'ajoute que les premiers cas d'ankylostomase ont été constatés en Belgique, il y a 8 ou 10 ans, et que la maladie aurait, dit-on, été importée par des ouvriers venant des travaux du Saint-Gothard, dont nous parlait tout à l'heure M. Pellati.

M. LE NEVE FOSTER constate que cette maladie est jusqu'à présent inconnue en Angleterre, et que ce fait doit sans doute être attribué à la position insulaire de ce pays.

M. WOLFF présente et décrit un appareil destiné à être employé par les ouvriers des mines et des usines, et qui a pour but d'arrêter les poussières avant qu'elles pénètrent dans les voies respiratoires. Cet appareil, très léger, qui se place devant la bouche, comporte une sorte de petite pompe, dans laquelle l'air pénètre d'un côté en traversant une étoffe formant filtre, et d'où il ressort du côté opposé. Il peut être établi sous des formes extérieures variées. Diverses applications en ont déjà été faites dans des usines du duché de Bade.

La séance est levée à 4 h. 1/2.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

CONGRÈS DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

(SUITE ET FIN)

—

CHAPITRE V

—

SÉANCES DE LA SECTION DE LA MÉTALLURGIE

—

1^{re} SÉANCE

Mardi 19 Juin 1900.

**UTILISATION DIRECTE DES GAZ
DES HAUTS-FOURNEAUX**

—

Président : Sir Robert AUSTEN,
Assisté de MM. Ch. LUEG et Robert DE WENDEL.
Secrétaires : MM. DUTREUX et GUILLEMOT.

—

La séance est ouverte à 2 heures et quart.

M. le PRÉSIDENT regrette et s'excuse de ne pas parler plus facilement la langue française et d'être ainsi empêché de remercier, comme il le voudrait, le bel auditoire qui l'entoure, cette nombreuse assistance de personnes s'intéressant à la métallurgie et aux questions scientifiques qui s'y rattachent.

MM. Tschernoff, Howe, Greiner, Carnot, Eugène Schneider, Sellerier, Tauzin, Douglas, Rolland sont priés de prendre place sur l'estrade.

M. HUBERT résume son rapport, déjà distribué aux membres du Congrès, sur *l'Utilisation directe des gaz des hauts-fourneaux pour la production de la force motrice* (1).

M. GREINER rappelle qu'il a pris une part très active aux expériences décrites par M. Hubert dans son rapport et ajoute qu'elles ont été exposées avec tant de précision qu'il ne voit pas ce qu'il pourrait ajouter d'utile à un exposé aussi complet.

Il estime qu'après le résumé magistral présenté par l'auteur lui-même, la seule chose pouvant offrir quelque intérêt, c'est d'entendre les observations que peuvent provoquer les résultats indiqués.

Comme le rapporteur, il est persuadé que la houille ne saurait jamais être assez économisée puisque chaque tonne de charbon extrait de la terre ne l'est qu'au prix de peines et de dangers.

Il est encore une autre cause qui doit inciter à la plus stricte économie : c'est que nul kilogramme de charbon minéral retiré du sol n'y est remplacé ; le vide produit existera toujours et ne sera jamais comblé ; ce n'est plus comme au temps où l'on consommait du charbon végétal. Cette préoccupation est surtout digne d'attention pour les industries belge et française, car on peut se demander ce qu'elles deviendraient avec l'épuisement de la richesse houillère de ces deux pays.

On ne saurait certes pas espérer pour ces pays une

(1) Voir ce rapport, *Bulletin*, tome XIV, page 1461.

résurrection comme celle qui s'est produite en Suède depuis quelques années. Ce pays qui a subi tant de vicissitudes, qui a eu tant de peine à résister aux secousses que lui ont portées les grandes inventions de Bessemer, Martin et autres, ce pays isolé qui n'avait pour lui que très peu d'exportation et qui voyait se tarir, pour ainsi dire, les sources de sa richesse, a retrouvé son ancienne prospérité et s'est relevé à un niveau enviable, grâce à la production de l'électricité au moyen de chutes d'eau et grâce aussi à une prudente administration forestière qui assure la reconstitution des forêts exploitées en vue du charbon végétal. Dans ces conditions, n'est-il pas du devoir comme de l'intérêt des industriels de ces deux pays de chercher à limiter l'emploi de la houille dont ils consomment des quantités énormes, sans souci de l'avenir de leurs descendants et d'une façon tellement barbare que l'on aurait peine à s'attarder plus longtemps sur un tel sujet ?

M. DE WENDEL remercie chaleureusement M. Hubert, tant au nom de M. le Président qu'en celui de tous les Congressistes, de la façon si brillante dont il a exposé la question de l'utilisation des gaz de hauts-fourneaux.

M. Emile DEMENGE. — Je remercie beaucoup M. le professeur Hubert de l'occasion qu'il m'a offerte d'intervenir dans ce débat, en me faisant l'honneur de citer mon nom à diverses reprises au cours de son très intéressant rapport.

La question d'utilisation du gaz de haut-fourneau dans les machines peut se résoudre soit par la marche à quatre temps, soit par la marche à deux temps. Personne, plus que moi, n'admire la solution grandiose, c'est le cas de le dire, qu'a donnée du problème

qui se posait la Société Cockerill, en produisant 600 chevaux (nous parlons gaz de haut-fourneau et non gaz d'éclairage) avec un seul cylindre de 1^m,300 de diamètre marchant à quatre temps. Pour éviter l'obligation d'employer des pièces de trop grandes proportions, la Compagnie Otto de son côté, toujours avec le système à quatre temps, préfère multiplier les cylindres et dans chaque cylindre les soupapes d'échappement, en se limitant à une puissance de 300 chevaux par élément.

Pour les grandes puissances, la marche à deux temps me paraît en principe devoir être préférée à la marche à quatre temps, parce que, dans ce cas, comme l'a d'ailleurs expliqué M. Hubert, le piston d'un seul cylindre fait une course motrice à chaque tour et que les mêmes dimensions de cylindre correspondent à une puissance sensiblement deux fois plus grande que dans le moteur à quatre temps. Si donc on compare deux moteurs de même puissance, un simplex à quatre temps, l'autre simplex à deux temps, le diamètre du second sera presque moitié de celui du premier. C'est là un point de vue fort important, si l'on veut simplifier la construction future des machines à grande puissance.

On objectera que le système à quatre temps est moins compliqué que le système à deux temps, qui, outre le cylindre où se fait l'explosion, comporte une pompe auxiliaire. Heureusement, ce dernier organe peut être placé où l'on veut et par conséquent à l'endroit où il gênera le moins.

Parmi les moteurs à deux temps, le système *Echelhauser*, dont vous connaissez la disposition générale (deux pistons conjugués se rapprochant et s'éloignant simultanément dans une simple gaine cylindrique et découvrant ou obturant une série de lumières en cou-

ronne), est le plus répandu et l'on peut résumer ses avantages de la façon suivante :

Faible diamètre du cylindre (675 ^m/_m pour 500 chevaux, et 950 ^m/_m pour 1.000 chevaux);

Réduction proportionnelle de la plupart des autres pièces et en particulier du volant ;

Refroidissement plus efficace et plus facile à réaliser, le soufflage d'air froid à l'intérieur ajoutant son action à celle de l'eau des parois, dont la surface est relativement peu considérable ;

Graissage facilité pour la même raison ;

Suppression des allumages prématurés, le gaz déjà employé n'étant pas mélangé avec la nouvelle charge ;

Simplicité dans la forme intérieure de la chambre de combustion, qui, étant absolument cylindrique comme l'âme d'un canon, ne présente ni recoins ni tige de piston pouvant retenir les poussières ;

Simplicité dans la distribution, puisque les soupapes sont absentes ;

Grande rapidité de détente (excellente condition de bon rendement) ;

Equilibrage parfait des masses pendant le mouvement et absence de trépidations, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à des fondations exagérées ou à de lourds tirants ;

Soutien en un grand nombre de points des longues tiges horizontales qui relient l'un des pistons à l'arbre moteur, et impossibilité pour elles de vibrer, lorsque l'on marche à pleine puissance ;

Grandes facilités de démontage et d'entretien.

En ce qui concerne la question de pouvoir marcher avec des gaz plus ou moins épurés, on doit féliciter la Société Cockerill d'être arrivée au résultat, comme elle l'annonce, en prenant toutes les précautions nécessaires,

en particulier en arrondissant soigneusement la forme de ses soupapes ; mais on conviendra que, s'il est possible de marcher sans épurer le gaz avec des machines à soupapes, on pourra aussi le faire bien plus naturellement avec le moteur *Æchelhaueser* qui ne comporte pas de soupapes.

Des résultats récents m'ont été communiqués de l'usine de Hörde, en Westphalie, où 3 moteurs *Æchelhaueser* de 600 chevaux sont installés : avec un gaz contenant 900 à 950 calories, la consommation reste inférieure à 3 mètres cubes par cheval-heure effectif ; on dépense seulement 35 litres d'eau par cheval-heure effectif pour le refroidissement des parois ; et la consommation d'huile est aussi réduite que pour les bonnes machines à vapeur. Enfin, dans les gaz d'échappement, la proportion d'oxyde de carbone est toujours inférieure à 1/2 0/0.

Je suis absolument de l'avis de M. Hubert en ce qui concerne le peu d'importance des questions de priorité dans le cas actuel ; la féconde idée d'utiliser les gaz de haut-fourneau dans les machines a pu certainement germer à la fois dans les différents pays et les solutions très diverses adoptées tendraient à le prouver, mais néanmoins je suis en mesure de compléter, au sujet des dates, une petite lacune que je trouve dans le brillant exposé du rapporteur.

C'est le 12 octobre 1895 que Hörde mit en marche avec les gaz de haut-fourneau le moteur de 12 chevaux du système Otto et le 20 décembre 1895 que le moteur Simplex de 4 chevaux commença à marcher aux usines de Seraing. Le 1^{er} juin 1896, Hörde inaugurait un moteur *Æchelhaueser et Junkers* de 120 chevaux, le 11 avril 1898, Seraing un moteur Simplex de 180 chevaux ; enfin, le 12 mai 1898, Hörde le premier

moteur Eichelhaueser de 600 chevaux, et en janvier 1900 le 2^e moteur Eichelhaueser de 600 chevaux.

Les dernières dates que je viens de citer m'autorisent à penser que M. Witz, dans la prochaine édition de son *traité théorique et pratique des moteurs à gaz*, placera le moteur à deux temps Eichelhaueser hors d'atteinte de la phrase rappelée par M. Hubert : « On n'invente pas de nouveaux moteurs à deux temps et il en disparaît au contraire quelques-uns chaque année. » Au surplus, il m'est revenu que la seule firme allemande qui construise actuellement le moteur Eichelhaueser a, en ce moment, 18.000 chevaux en commande.

En résumé, le moteur Eichelhaueser à *un seul cylindre* fournit non seulement 600 chevaux effectifs avec un diamètre de 675 ^m/_m et une course de 950 ^m/_m, mais aussi 1.000 chevaux avec un diamètre de 950 ^m/_m et une course de 1.320 ^m/_m ; il pourrait même aller jusqu'à 1.500 chevaux avec un diamètre de 1^m,200 et une course de 1^m,400, si cela devenait nécessaire ; et remarquons encore une fois qu'il s'agit ici de puissances supposant l'emploi de gaz de haut-fourneau et non de gaz de ville.

On peut donc prévoir qu'avec ce système à deux temps la question des moteurs à grande puissance se résoudra plus facilement qu'avec le système à quatre temps.

M. DUTREUX, pour compléter l'historique qui vient d'être donné, indique qu'un autre moteur a été inventé tout récemment. Il est de l'ordre de ceux à deux temps.

C'est le moteur de Koerting qui fonctionne à la manière des machines à vapeur à deux temps sur cha-

cune des faces du piston. Il doit, par suite, présenter l'inconvénient d'une élévation considérable de température résultant d'un très grand nombre d'explosions répétées dans un temps donné.

Les détails de sa construction seront certainement donnés d'ici peu dans les périodiques français.

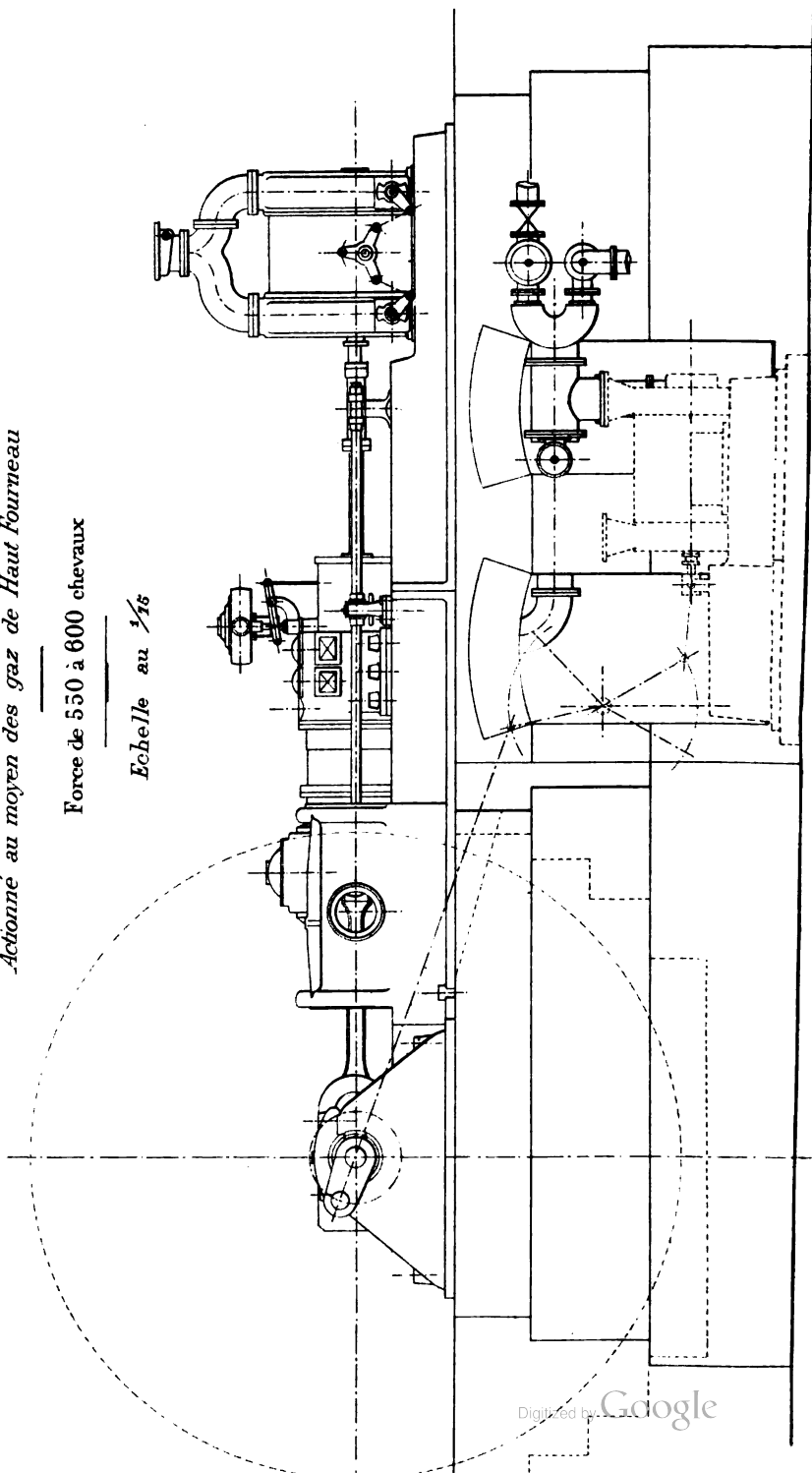
La séance est levée à 4 heures.

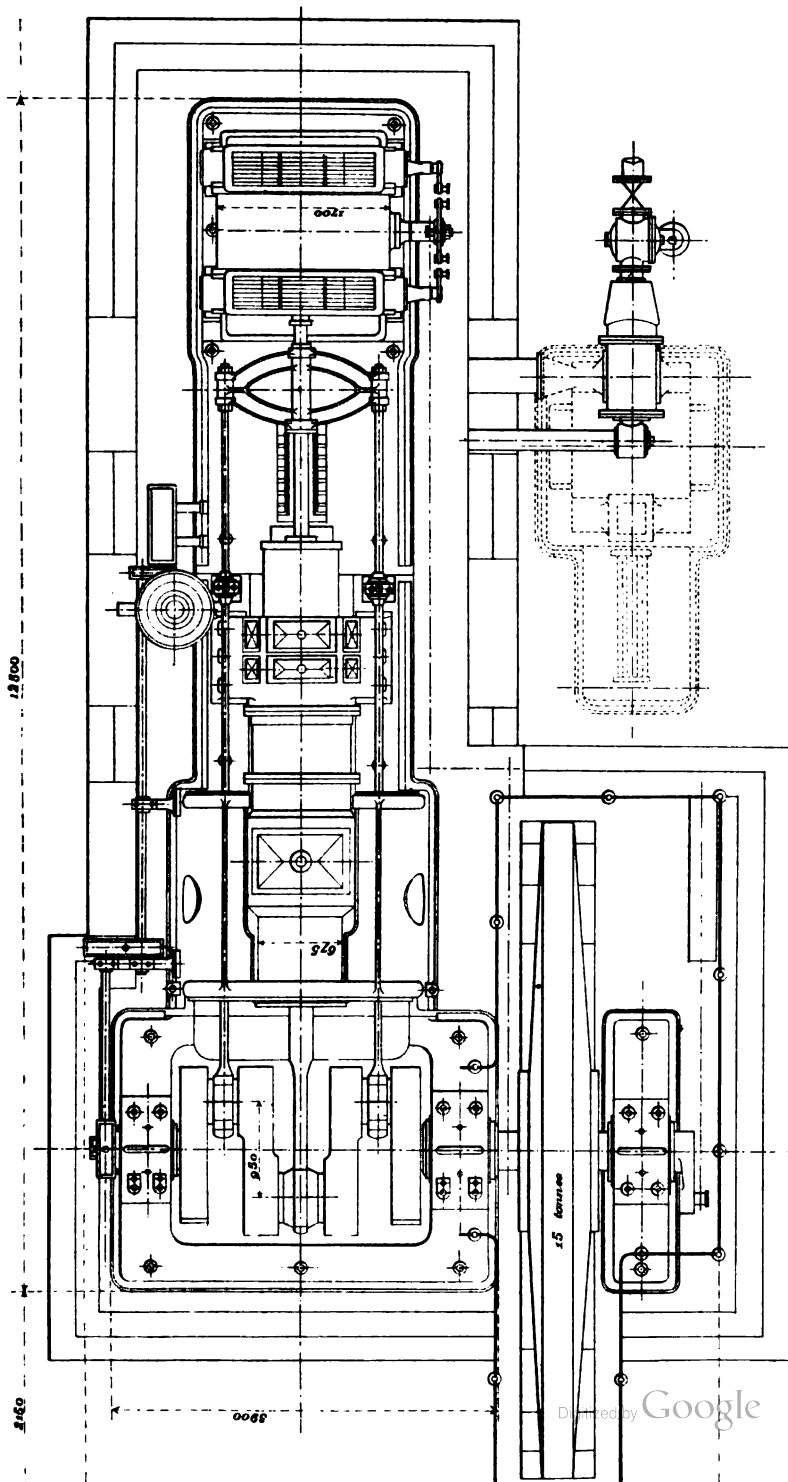
MACHINE SOUFFLANTE POUR HAUT-FOURNEAU
avec moteur Oechelhaenser

Actionné au moyen des gaz de Haut Fourneau

Force de 550 à 600 chevaux

Echelle au $\frac{1}{15}$





2^e SÉANCE

Mercredi 20 Juin 1900.

**UTILISATION DIRECTE
DES GAZ DE HAUTS-FOURNEAUX (SUITE)
PROGRÈS DANS LA FABRICATION
DES MOULAGES D'ACIER
ACIERS SPÉCIAUX ET ALLIAGES**

Président : M. le Professeur D^r TSCHERNOFF,
Assisté de MM. TAUZIN et Eugène SCHNEIDER.
Secrétaires : MM. BRESSON et DUTREUX.

La séance est ouverte à 2 heures 1/4.

1^o Suite de la discussion sur l'*utilisation directe des gaz de hauts-fourneaux pour la production de la force motrice.*

M. REUMAUX, agent général de la Compagnie des Mines de Lens, a la parole pour une communication sur l'*Utilisation, dans des moteurs à explosion, des gaz en excès provenant des fours à coke à récupération.*

Pour répondre au désir exprimé par M. le Président du Congrès, dit M. Reumaux, j'ai résumé, en quelques lignes, les observations auxquelles donne lieu l'utilisation, dans des moteurs à explosion, de l'excédent disponible des gaz provenant des fours à coke à récupération de sous-produits : utilisation réalisée par la Société des Mines de Lens depuis la fin de 1898.

Les méthodes et les appareils de M. Carvès, pour l'extraction de quelques-uns des produits utilisables que renferment les gaz provenant de la distillation de la houille dans les fours à coke métallurgique, ne sont entrés que lentement dans la pratique.

L'initiative du promoteur se heurtait à la résistance des fabricants persuadés que la qualité du coke est défavorablement influencée par l'utilisation des flammes perdues, à plus forte raison par la récupération des gaz. Sa persévérance et celle de ses émules, MM. Otto et Solvay, ont fini par triompher des préventions et ont amené les fabricants à reconnaître que toutes choses égales : nature de la houille, finesse de broyage, compression préalable, etc..., la qualité du coke, aussi bien d'ailleurs que la nature, la quantité des sous-produits et leur proportion relative, résultent uniquement de l'étude et de la conduite rationnelle du four. L'ingénieur dispose aujourd'hui de nombreux faits d'expérience et se trouve en mesure d'approprier les éléments du four au mode de fabrication choisi.

Il va de soi que les avantages de la récupération sont d'autant plus marqués que la proportion des matières volatiles des charbons traités est plus forte. La question de l'utilisation des gaz en excès ne se pose guère que pour les houilles dont la teneur est supérieure à 20 %; à partir de 22 et 23 %, elle mérite toute l'attention du fabricant.

Le volume de gaz en excès sur celui qui est nécessaire au chauffage des fours est fonction de la nature de la houille traitée, de son état de siccité, de la température de l'air et aussi du gaz au brûleur, du nombre et de la bonne distribution des brûleurs, de la dimension des fours, de l'épaisseur de la cloison qui sépare les carneaux du four, de la durée de la cuisson, etc.

En Westphalie, on estime que le volume en excès

peut atteindre le quart du volume total. Ce chiffre paraît élevé et je doute qu'il résulte de mesures méthodiques.

De nombreux relevés effectués à Lens font ressortir un excédent maximum de 12 % dans les conditions définies par les données ci-après :

Charbon enfourné : 7 tonnes.	23 % de matières volat.
Humidité.....	10 %.
Cendres.....	9 %.
3 brûleurs.....	7 prises d'air par four.
Température de l'air.....	320°.
Température du gaz.....	50°.
Durée de la cuisson.....	36 heures.
Epaisseur de la cloison des carneaux.....	13 centimètres.

Production de 325 mètres cubes de gaz épuré d'une densité de 0,482 par tonne de houille enfournée.

Le gaz en excès employé primitivement pour le chauffage des chaudières à vapeur, chaudières à distiller le goudron, laboratoires, calorifères, etc..., est, depuis deux ans, partiellement utilisé dans un moteur à gaz à double effet, système Letombe, de la force de 20 à 25 chevaux, actionnant une dynamo.

Cette application a présenté, au début, d'assez sérieuses difficultés en raison de l'encrassement par le goudron des soupapes de distribution, elle réussit pleinement depuis que l'on a pris le parti de faire subir au gaz une épuration sommaire.

Une caisse à coke, sorte de scrubber, et un épurateur à l'oxyde de fer, retiennent goudron et soufre. Cette épuration, nécessaire aujourd'hui, entraîne quelque complication; elle sera sans objet le jour prochain où nous aurons apporté à nos appareils de récupération les

compléments dont l'exécution est à l'étude. Ces compléments, étudiés par la « Société des Compteurs », d'accord avec les promoteurs des procédés de la « Deutsch Continental Gaz Gesellschaft », ont pour objet la récupération des cyanures et du soufre. De la sorte, les gaz retourneront au four ou entreront dans le cylindre du moteur après récupération successive et fructueuse des goudrons, de la naphtaline, des cyanures, de l'ammoniaque, du benzol et enfin du soufre dont, en raison de l'extraction préalable des cyanures, les matières absorbantes se chargeront à 50 %.

Le poids spécifique du gaz de nos fours, ainsi épuré, est de 0,614. Son pouvoir calorifique à 15° est de 4.200 calories.

Travail disponible. — La quantité de gaz que nos 120 fours, chargés de 7 tonnes et cuisant en 36 heures, laissent disponible dans les conditions favorables, est de 1.000 mètres cubes par heure, ce qui, à 830 litres par cheval-heure indiqué (nombre fourni par l'expérience comme l'indique le tableau ci-après), représente :

$$\frac{1000}{0.830} = 1.200 \text{ chevaux indiqués,}$$

soit 10 chevaux par four.

D'autre part, les flammes perdues d'un four à récupération vaporisent en moyenne 0,75 kilog. d'eau, par kilog. de charbon enfourné, d'après les faits connus pour un grand nombre d'installations; et, par suite, fournissent à raison de 15 kilog. de vapeur par cheval-heure indiqué, environ 9 chevaux 1/2 par four.

Il est remarquable que la récupération de vapeur d'un four ordinaire sur la base de 1 kilog. 40 de vapeur par kilo de houille enfournée (moyenne pratique) engendre exactement la même puissance.

En sorte que l'emploi des moteurs à explosion, pour l'utilisation des gaz des fours à coke, réalise ce résultat de conserver toute la puissance que l'on peut retirer des flammes perdues d'un four ordinaire.

Les tableaux d'expériences, joints à cette note, font ressortir une consommation par cheval indiqué de 0,827 litres d'un gaz à 4.200 calories et un rendement thermique de 0,746, résultats déjà remarquables si l'on considère qu'ils ont été réalisés par un moteur d'un modèle ancien et un peu fatigué. Il faut les considérer non comme la caractéristique d'un moteur dont le dernier type a été sensiblement amélioré, mais comme une première indication du parti que l'on peut tirer des gaz provenant des fours à récupération lorsqu'on les brûle directement dans le cylindre d'une machine.

1^{er} Essai en charge d'un moteur à gaz Letom

DURÉE DE L'ESSAI	N° DU DIAGRAMME	OUVERTURE des robinets		TEMPÉRATURE		PRESSION ATMOSPHÉRIQUE en millimètres de mercure	SURPRESSION DES GAZ en millimètres d'eau	VOLUME du gaz employé pendant la durée de l'essai		VOLUME du gaz employé par heure		VITESSE DU MOTEUR A GAZ
		A	R	Gaz	Air			à H et T	à 0 et 760	à H et T	à 0 et 760	
»	1 9	» 9	» 23	» 18	»	761,5	133	»	»	»	»	182,24
»	» 9	» 9	» 23	» 18	»	»	133	»	»	»	»	183,21
»	2	8,5	8,5	23,5	18,3	»	133	»	»	»	»	184,21
»	3	8,5	8,5	24	» 18,3	»	133	»	»	»	»	181,20
»	» 8,5	8,4	25	» 18,5	»	»	125	»	»	»	»	184,21
»	4	8,5	8,4	26	» 19	»	127	»	»	»	»	184,21
»	5	8,5	8,4	26	» 19	»	130	»	»	»	»	185,22
»	» 7	7,5	26,7	19,2	»	»	125	»	»	»	»	181,20
»	6	8,4	8,7	27,8	19,2	»	120	»	»	»	»	186,21
»	7	8,4	8,7	27	» 19,2	»	120	»	»	»	»	186,23
»	8	9	» 9	28	» 19,2	»	120	»	»	»	»	186,21
»	9	9	» 9	28	» 19,5	»	116	»	»	»	»	182,18
3h 05	»	»	»	»	»	»	»	59 ^m ,2	55 ^m ,94	19 ^m ,2	18 ^m ,132	» 21,1

alimenté par les gaz de fours à coke.

VOLUME DE GAZ ramené à 0 et 760 par cheval indiqué	DYNAMO				VOLUME DE GAZ à 0 et 760 par cheval électrique	PUISSANCE calorique du mètre cube de gaz		DENSITÉ DU GAZ	RENDEMENT ÉLECTRIQUE	RENDEMENT THERMIQUE rapporté aux chevaux indiqués	RENDEMENT THERMIQUE rapporté aux chevaux électriques
	Volts	Ampères	Watts	Chevaux vapeur		à 15° et 760	à 0° et 760				
»	137	90	12.330	16,75	»	4.200	4.410	0,482	»	»	»
»	132	90	11.880	16,14	»	»	»	»	»	»	»
»	135	90	12.450	16,50	»	»	»	»	»	»	»
»	135	90	12.450	16,50	»	»	»	»	»	»	»
»	135	90	12.450	16,50	»	»	»	»	»	»	»
»	135	90	12.450	16,50	»	»	»	»	»	»	»
»	135	90	12.450	16,50	»	»	»	»	»	»	»
»	133	90	11.970	16,26	»	»	»	»	»	»	»
»	133	90	11.970	16,26	»	»	»	»	»	»	»
»	134	90	12.060	16,38	»	»	»	»	»	»	»
»	135	90	12.450	16,50	»	»	»	»	»	»	»
»	132	89	11.880	16,14	»	»	»	»	»	»	»
0,827	127,33	89,91	12.090	16,42	1,3410	»	»	»	0,746	0,474	0,430

2^e Essai en charge d'un moteur à gaz Letombe

DURÉE DE L'ESSAI	N° DU DIAGRAMME	OUVERTURE des robinets		TEMPÉRATURE		PRESSION ATMOSPHÉRIQUE en millimètres de mercure	SURPRESSION DES GAZ en millimètres d'eau	VOLUME du gaz employé pendant la durée de l'essai		VOLUME du gaz employé par heure		VITESSE DU MOTEUR A GAZ	TRAVAIL INDICQUÉ
		A	R	Gaz	Air			à H et T	à 0 et 760	à H et T	à 0 et 760		
»	1	8,7	8,5	17 »	19 »	762	113	»	»	»	»	184	25,35
»	»	9 »	9 »	17,5	21 »	»	112	»	»	»	»	182	»
»	»	9 »	9 »	18 »	23,5	»	112	»	»	»	»	182	»
»	2	9,2	9,2	18 »	24,5	»	116	»	»	»	»	184	26,04
»	»	9,2	9,2	18 »	24,5	»	116	»	»	»	»	181	»
»	3	9,2	9,2	18 »	25 »	»	113	»	»	»	»	181	23,14
»	»	9,5	9,2	18 »	24 »	»	113	»	»	»	»	185	»
»	»	9,5	9,2	18 »	26 »	»	110	»	»	»	»	184	»
»	4	9,5	9,5	18 »	26 »	»	110	»	»	»	»	184	24,18
»	»	9,5	9,5	18 5	26 »	»	111	»	»	»	»	184	»
»	»	9,5	9,5	18 5	26,5	»	111	»	»	»	»	185	»
»	5	9,5	9,5	19 »	26,5	»	110	»	»	»	»	190	26,52
»	»	9,5	9,5	19 »	27 »	»	110	»	»	»	»	187	»
»	»	9,2	9,2	19 »	27 »	»	108	»	»	»	»	184	»
»	6	9,2	9,2	19 »	27 »	»	104	»	»	»	»	185	21,99
4 h	»	»	»	»	»	»	»	80 ^m 30	75 ^m ,938	20 ^m ,075	18 ^m ,982	»	24,534

alimenté par les gaz de fours à coke.

VOLUME DE GAZ ramené à 0 et 760 par cheval indiqué	DYNAMO				VOLUME DE GAZ à 0 et 760 par cheval électrique	PUISSANCE calorifique du mètre cube de gaz		DENSITÉ DU GAZ	RENDEMENT ÉLECTRIQUE	RENDEMENT THERMIQUE rapporté aux chevaux indiqués	RENDEMENT THERMIQUE rapporté aux chevaux électriques
	Volts	Ampères	Watts	Chevaux vapeur		à 15° et 760	à 0° et 760				
»	134	98	13.432	17,84	»	4.200	4.410	0,482	»	»	»
»	137	100	13.700	18,61	»	»	»	»	»	»	»
»	132	98	12.936	17,57	»	»	»	»	»	»	»
»	132	97	12.804	17,39	»	»	»	»	»	»	»
»	132	98	12.936	17,57	»	»	»	»	»	»	»
»	133	97	12.901	17,53	»	»	»	»	»	»	»
»	125	92	11.500	15,62	»	»	»	»	»	»	»
»	125	92	11.500	15,62	»	»	»	»	»	»	»
»	124	90	11.460	15,46	»	»	»	»	»	»	»
»	128	93	11.904	16,17	»	»	»	»	»	»	»
»	133	96	12.768	17,34	»	»	»	»	»	»	»
»	134	97	12.998	17,66	»	»	»	»	»	»	»
»	133	96	12.768	17,34	»	»	»	»	»	»	»
»	134	97	12.998	17,66	»	»	»	»	»	»	»
»	132	97	12.804	17,39	»	»	»	»	»	»	»
773	131	96	12.587	17,10	1 ^{er} 110	»	»	»	0,697	0,186	0,129

II. — *Etat actuel de la fabrication du métal Thomas et ses conséquences sur le puddlage*, rapport présenté par M. G. Rocour, administrateur délégué de la Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est (1).

En l'absence de M. Rocour, retenu à Liège par les suites d'un regrettable accident, M. Bresson a bien voulu se charger de présenter un résumé du rapport distribué et s'exprime en ces termes :

Un accident, qui, nous l'espérons bien, n'aura pas de conséquences fâcheuses, prive M. Rocour de l'honneur de vous présenter lui-même son rapport. J'ai donc été chargé de vous en faire une rapide analyse. J'ai accepté cette mission d'autant plus volontiers que connaissant M. Rocour depuis déjà longtemps, je sais que je parle au nom d'un ingénieur possédant une compétence exceptionnelle sur le sujet présenté aujourd'hui à votre examen.

Avant d'exposer l'état actuel de la fabrication du métal Thomas, M. Rocour a jugé intéressant de comparer les chiffres de production de ce métal en 1889 et 1899. A la première de ces deux dates, la production de fonte mondiale était de 25 millions de tonnes environ, celle des lingots d'acier de 10 millions dont 2.300.000 en acier basique, soit 22 %.

En 1899, on se trouve en présence des chiffres suivants :

Production de fonte. 41.000.000 de tonnes
Acier en lingots... 17.000.000 de tonnes
dont acier basique 12.700.000 tonnes, soit 47%.

(1) Voir ce rapport, *Bulletin*, tome XIV, page 4517.

La production d'acier basique a donc plus que quintuplé dans cette période de 10 années, tandis que celle d'acier acide a à peine doublé.

M. Rocour constate que la fabrication de l'acier basique s'est beaucoup plus développée en Allemagne que dans les autres pays, et il en indique les raisons avec une sûreté de vues que vous aurez certainement remarquée en lisant son mémoire. Vous avez pu voir pourtant hier, en visitant l'Exposition, que la France possède aujourd'hui des aciéries Thomas comparables à leurs voisines d'Outre-Rhin, aussi bien comme tonnage que comme variété des produits sortis de leurs laminoirs.

Tout en reconnaissant que la fabrication du métal Thomas s'est peu écartée des règles déjà tracées en 1889, et que nous avons eu l'honneur de résumer devant le Congrès de cette même année, M. Rocour signale deux perfectionnements qui ont certainement contribué à développer l'usage du métal basique. C'est d'abord le mélangeur dont le mémoire résume en quelques lignes les divers avantages, puis le procédé Darby qui a montré qu'il était facile, comme le dit plaisamment M. Rocour, de carburer de l'acier avec du carbone. En face de ces progrès chimiques, il faut enfin mettre en regard les progrès mécaniques qui ont permis de produire des barres de plus en plus longues avec une augmentation du rendement des appareils et une diminution des déchets.

Après avoir soumis le four Martin Siemens au même examen que la cornue, M. Rocour aborde la question que le comité d'organisation de votre Congrès avait particulièrement recommandée à ses réflexions. Etant donné les qualités et le prix de revient actuel du métal basique, quel est l'avenir réservé au puddlage ? Je ne crois pas être indiscret en disant que

dans une des séances du comité d'organisation de ce Congrès, le professeur Jordan avait beaucoup insisté sur l'intérêt que pourrait présenter une discussion semblable. En donnant à cette discussion sur les avantages relatifs de la cornue Bessemer, du four Siemens et du four à puddler toute l'ampleur qu'elle comporte, vous rendrez donc un nouvel hommage à la mémoire de notre regretté vice-président. (*Applaudissements.*)

III. — *Etat actuel de la fabrication des moulages d'acier*, rapport présenté par M. Tissot, ingénieur en chef des Aciéries Robert (1).

En déposant son rapport, M. Tissot tient à insister surtout sur le développement extraordinaire de la fabrication des moulages d'acier et sur la perfection des résultats obtenus ; il constate que toutes les usines ont exposé, souvent à la place d'honneur, des pièces qu'elles n'auraient même pas songé à faire il y a 10 ans. Il remarque que si le tonnage auquel donne lieu cette fabrication n'est pas considérable, le chiffre d'affaires qui en résulte est, par contre, important, en raison de la nature des produits fabriqués.

Il est certain qu'il n'est pas de pièce, quelque compliquée qu'elle fût, petite ou grande, que le moulage d'acier ne puisse parvenir à obtenir. M. Tissot remarque qu'à l'étranger le développement des applications de l'acier moulé a été beaucoup plus considérable qu'en France, spécialement en ce qui concerne le matériel des chemins de fer ; l'étranger n'a pas seulement montré la voie, mais était déjà entré dans la période d'application courante, alors qu'en France on

1) Voir ce rapport, *Bulletin*, tome XIV, page 1637.

ne s'était encore contenté que d'employer timidement quelques pièces commandées généralement à l'étranger.

Parmi tous les résultats obtenus, M. Tissot tient à rappeler le tour de force que les grandes aciéries françaises ont accompli en 1899, lorsqu'elles ont livré dans l'espace de 10 mois, après une mise en train qui n'avait duré que quelques semaines, les 2.500 tonnes de pièces d'acier coulé qui ont servi à la construction du pont Alexandre III, œuvre superbe, qui permet d'apprécier le chemin parcouru en fait de moulages d'acier depuis 1889. Ce chemin parcouru depuis peu laisse espérer, dit en finissant M. Tissot, que d'autres progrès encore ne tarderont pas à suivre.

M. le PRÉSIDENT se plaît à reconnaître les grands progrès que vient de signaler M. Tissot et que l'Exposition permet de bien apprécier.

IV. — M. Henry M. Howe, professeur de Métallurgie à l'Ecole des Mines de la Columbia University, New-York City, ancien président de l'American Institute of Mining Engineers, lauréat de la médaille Bessemer, a ensuite la parole pour présenter un mémoire sur les *Progrès réalisés depuis 1889 dans la Métallurgie du fer et de l'acier et spécialement dans le procédé Martin*.

M. Henry M. HOWE. — Depuis le Congrès tenu à Paris en 1889, la production du haut-fourneau a été poussée jusqu'au chiffre énorme de 600 tonnes environ par fourneau et par 24 heures ; en même temps, on a réalisé de sérieuses économies par l'adoption de dispositifs mécaniques pour la coulée de la fonte et pour le concassage des gueuses en fragments de grosseur convenable.

L'accroissement de production a été réalisé principalement en augmentant le diamètre du creuset (condition évidemment nécessaire, puisqu'on ne peut songer à brûler économiquement plus d'une quantité définie de coke par mètre carré et par seconde), et en ayant recours à des machines soufflantes d'une très grande puissance.

En Amérique, cet accroissement dans la production du haut-fourneau a eu lieu précisément à l'époque où l'on essayait d'utiliser les minerais bon marché mais très pulvérulents de Mesabi ; par bonheur, l'une de ces deux pratiques nouvelles a facilité l'autre. On sait, en effet, qu'une des difficultés que l'on éprouve dans l'emploi d'un minerai fin, représentant, dans bien des cas, un tiers de la charge, est la formation d'accrochages suivis de glissements qui peuvent déterminer de dangereuses explosions. Mais une soufflerie puissante est une arme excellente pour attaquer les accrochages qui commencent à se former.

On ne saurait, d'autre part, accorder trop d'importance à l'utilisation des gaz de haut-fourneau comme source de force motrice.

Dans l'opération du puddlage, nous n'avons à signaler aucun changement capital. Il est cependant intéressant de noter que ce procédé d'affinage, qui a été tant de fois et depuis si longtemps condamné à disparaître, fait encore preuve d'une telle vitalité, que l'on pourrait signaler des fours de puddlage à bras, construits encore tout récemment pour la production de métal destiné à l'affinage au creuset.

Ce dernier mode d'affinage n'a subi aucune transformation digne d'être signalée. Tout au plus pourrait-on noter qu'en raison de l'augmentation du prix et de l'abaissement de la qualité du graphite de l'île de Ceylan, on commence à chercher à substituer aux

creusets en plombagine, employés presque exclusivement jusqu'ici, en Amérique, les creusets en argile.

Peu de changements à signaler dans l'opération Bessemer. On continue à employer les petits modèles de convertisseurs, tels que ceux de Robert et de Tropenas, qui ont de chauds partisans. Dans ces appareils, la perte de fer par oxydation atteint 20 et même 25 %; il est donc probable que le métal en fusion ainsi produit revient plus cher qu'au four à sole. Par contre, il est beaucoup plus chaud et, pour cette raison, dans les moulages de petites dimensions, les rebuts sont moindres. Comme d'ailleurs les frais de moulage et de travail des petites pièces représentent plus que le prix de revient du métal lui-même, il peut arriver facilement que, dans ce cas particulier, le petit convertisseur soit encore plus économique que le four à sole.

Dans les grands ateliers Bessemer, nous avons à signaler un nouvel accroissement de production des appareils, ainsi que les économies considérables réalisées par le système de la coulée par trains (*car-casting*). Dans ce système, les lingotières qui reçoivent l'acier fondu sont montées sur un train de wagonnets, et sont remorquées, dès qu'elles ont reçu leur charge, jusqu'au four de réchauffage. Par ce moyen, on réduit de moitié le nombre des manœuvres des lingotières et des lingots, avantage très important, lorsqu'il s'agit de déplacer, en 24 heures, 1.000 lingots à la température du rouge blanc et autant de lingotières extrêmement chaudes également. En outre, ces manœuvres, pendant lesquelles il se dégage une quantité énorme de chaleur, ne se font plus ainsi dans l'atelier même, dont elles rendaient la température insupportable, mais dans un emplacement, convenablement choisi, où la

chaleur dégagée par le rayonnement des lingots et lingotières ne gêne plus le travail de l'ouvrier (1).

Grâce à ces dispositions, l'aciérie Duquesne (Pennsylvanie), est arrivée à produire 2.325 tonnes de lingots, soit à faire 239 charges par 24 heures avec une paire de convertisseurs de 10 tonnes ; ce qui représente une durée totale de 6 minutes par charge. Cette marche a été maintenue pendant une semaine entière, et les 1.330 charges passées ont donné 12.939 tonnes de lingots d'acier.

On ne saurait dire que le procédé Bessemer basique se soit solidement implanté en Amérique. Jusqu'ici, en effet, nous n'avons pas, dans ce pays, de minerais donnant des fontes suffisamment riches en phosphore pour fournir la chaleur nécessaire à l'opération basi-

(1) Dans l'ancien système, l'acier était coulé dans de grandes lingotières disposées à l'intérieur d'une fosse.

Après commencement de solidification, les lingots étaient détachés des lingotières retirées de la fosse de coulée. Ils étaient ensuite déposés sur le sol de l'atelier, puis enlevés un à un, chargés sur wagonnets et transportés aux fours de réchauffage. Les lingotières étaient ensuite ramenées dans la fosse de coulée pour recevoir de nouvelles charges.

Dans ces conditions, chaque lingotière devait être manœuvrée deux fois : une première fois pour la retirer de la fosse et en détacher le lingot, et une seconde fois pour être replacée dans la fosse de coulée. De même, chaque lingot était manœuvré deux fois : une première fois pour le transporter de la fosse de coulée au wagonnet, et une deuxième fois du wagonnet dans le four à réchauffer. En outre, pendant tout ce temps, les lingotières restaient dans l'atelier d'affinage en y dégageant par rayonnement une quantité de chaleur considérable. Les lingots y restaient également : 1° jusqu'à ce qu'ils fussent suffisamment refroidis pour être enlevés de la fosse au moyen de la grue ; 2° jusqu'à ce qu'ils fussent en nombre suffisant pour former la charge du wagonnet destiné à les porter jusqu'au four de réchauffage. En été, la chaleur rayonnée simultanément par les lingotières et les lingots au rouge, était presque intolérable.

Dans le système de coulée par trains, imaginé par M. F.

que, comme il en existe en Europe. Ici nous ne pouvons, comme dans le cas de l'opération acide, compter sur la combustion du silicium de la fonte pour atteindre la température nécessaire, parce que la silice résultante attaquerait le garnissage de la cornue et, en acidifiant la scorie, entraverait la marche de la déphosphoration. Par conséquent, nous ne devons compter que sur le phosphore comme agent calorifique, et ce sont précisément les minerais suffisamment phosphoreux qui nous manquent en Amérique.

Je crois utile de mentionner un moyen que j'ai proposé pour tourner la difficulté. On sait que, dans l'opération Bessemer acide, telle qu'on la mène rapidement en Amérique, on commence le soufflage d'une cornue à l'instant précis où l'on cesse le soufflage de la cornue

Wood, président de la *Maryland Steel Company*, les lingotières, au moment où elles reçoivent le métal liquide, sont portées sur un train de wagnons que l'on remorque aussitôt, les lingotières étant pleines, jusqu'aux fours à réchauffer qui se trouvent dans un autre bâtiment. Lorsque ce premier train atteint les fours à réchauffer, il se trouve accolé à un second train placé sur une voie parallèle. Par une simple manœuvre, la grue enlève à la fois deux lingotières qu'elle dépose sur le train d'attente ; ce train, aussitôt chargé, se dirige vers un terrain où les lingotières se refroidissent à l'air libre, puis il retourne à l'atelier Bessemer. En même temps, les lingots débarrassés de leurs lingotières sont enlevés du premier train par une autre grue qui les charge dans le four à réchauffer. Il n'y a donc, pour chaque lingotière, qu'une seule manœuvre pour la porter du premier train au second ; et pour chaque lingot une seule manœuvre également, pour le charger du premier train directement dans le four à réchauffer. En outre, les lingots qui se trouvent à la température du rouge blanc ne restent à l'air libre que pendant quelques secondes, et toutes les opérations exothermiques, au lieu de se passer dans l'atelier d'affinage même, sont transportées en un point où elles présentent moins d'inconvénient. Souvent même les lingots sont introduits dans le four à réchauffer avant d'avoir perdu toute leur chaleur de coulée, ce qui diminue d'autant les frais du réchauffage.

jumelle, en sorte que les charges se succèdent à des intervalles de 10 minutes environ, quelquefois pendant toute la journée. Les pertes de chaleur par rayonnement sont donc extrêmement faibles, en sorte qu'on peut travailler des fontes beaucoup moins siliceuses que dans les ateliers Bessemer d'Europe. Dans ces conditions, toute la chaleur nécessaire à l'opération est fournie par 0,80 % de silicium, soit le tiers environ de la proportion jugée nécessaire dans beaucoup d'aciéries Bessemer, en Europe. Cette marche avec fonte pauvre en silicium, de 0,80 à 1 %, s'est beaucoup répandue en Amérique, et elle se généraliserait encore davantage sans la difficulté que l'on éprouve à produire, au haut-fourneau, des fontes aussi peu siliceuses qui soient en même temps suffisamment exemptes de soufre.

Puisqu'on a réussi pratiquement, en Amérique, à traiter au convertisseur acide des fontes moins siliceuses qu'en Europe, grâce à la rapidité de l'opération, je crois qu'il serait également possible, en marchant aussi rapidement, de traiter au convertisseur basique des fontes moins phosphoreuses que les fontes européennes. Il deviendrait alors possible de tirer parti de certains de nos minerais, et en particulier de ceux que l'on rencontre dans les Etats du Sud.

Si importants que soient les progrès que je viens de résumer, il est permis de se demander s'ils égalent en intérêt ceux que l'on a réalisés dans le procédé Martin sur sole, qui nous font souvenir des mots prophétiques de Holley : « Le Martin assistera aux funérailles du Bessemer », encore que ces mots ne soient pas encore complètement justifiés jusqu'à présent.

Parmi ces progrès, nous pouvons citer ·

1° Les dimensions plus grandes données aujourd'hui au four à sole ;

2° L'emploi de plus en plus répandu d'appareils mécaniques de chargement ;

3° L'extension rapide de l'opération sur sole basique, qui a restreint l'usage de l'opération acide, principalement à la fabrication d'aciers fins de qualités spéciales ;

4° La plus grande rapidité de l'opération ;

5° Les petites coulées, plus fréquentes, même avec des appareils de capacité beaucoup plus considérable qu'autrefois.

6° L'adoption de fours rotatifs.

Fours de grande capacité. — On rencontre aujourd'hui couramment des fours de 50 tonnes. L'aciérie de Pencoyd (Pensylvanie) possède déjà un four de 75 tonnes, et l'on projette de construire des fours de 125 et même 150 tonnes. Le prix de revient par tonne de métal doit naturellement diminuer lorsque les dimensions et la capacité de production augmentent.

Appareils mécaniques de chargement. — L'appareil de chargement, système Welman, est si connu que toute description en rapport avec l'étendue de ce mémoire serait superflue. Je me bornerai à rappeler que, dans l'ancien système, la fonte et les riblons sont amenés jusqu'au pied du four, puis chargés à la main, morceau par morceau. Les portes de chargement devant nécessairement rester ouvertes pendant toute la durée de cette opération, la chaleur qui se dégage (d'autant plus considérable que la température est plus élevée) non seulement est perdue, mais gêne parfois beaucoup les ouvriers.

Dans le procédé de chargement mécanique, au con-

traire, le métal n'est manœuvré qu'une fois et dans un chantier aéré, lorsqu'on le charge dans des boîtes en fer sur les wagonnets qui doivent l'amener jusqu'au pied du four. En ce point, les boîtes sont saisies mécaniquement et chargées avec une très grande rapidité, sans que les ouvriers soient exposés au moindre rayonnement de chaleur et sans qu'il se produise aucune perte sérieuse de celle-ci.

Lorsque la charge du four à sole consiste, comme dans les aciéries westphaliennes, principalement en riblons, l'opération marche très rapidement, et l'on peut passer quatre ou même six charges par 24 heures. Il n'y a là rien de surprenant, puisque le riblon étant peu carburé, la décarburation est presque achevée au moment où la charge est fondue et suffisamment chaude pour être coulée.

Au contraire, partout où la fonte constitue la majeure partie de la charge, l'opération Martin a présenté jusqu'ici le désavantage d'un faible rendement par 24 heures. La charge, une fois fondue, contient encore une forte proportion de carbone, et la décarburation par l'action oxydante du minerai que l'on introduit dans le four ne saurait être conduite trop rapidement, sinon le dégagement considérable d'oxyde de carbone qui l'accompagne aurait pour effet de déterminer un bouillonnement excessif de la charge susceptible de projeter une partie du métal soit au dehors, par des portes de chargement, soit à l'intérieur des carneaux. Par conséquent, lorsque la charge est formée de fonte seulement (opération fonte-minerai), on ne peut passer que 7 charges environ par semaine ; si, comme dans la pratique américaine, elle consiste en parties à peu près égales de fonte et de riblons (opération fonte-scrap), on ne peut encore passer que 14 charges environ par semaine. Cette marche, comme on le voit, est bien lente, si on la

compare à celle du Bessemer où l'on peut passer jusqu'à 100 charges par 24 heures dans chaque convertisseur.

La production par four a été énormément augmentée par l'adoption du procédé Bertrand-Thiel (1), même en travaillant dans des conditions défavorables. Dans ce procédé, on utilise deux fours Martin basiques : un petit four supérieur, dans lequel la fonte est fondue et partiellement affinée, et un grand four inférieur dans lequel on fond toute la charge de riblons en même temps que le reste de la fonte et un peu de minerai de fer. Comme la charge du four inférieur est en couche mince, qu'elle contient plus de riblons que celle du four supérieur, et enfin qu'on lui ajoute une forte proportion de minerai, elle se trouve être déjà fortement oxydée au moment où la charge du four supérieur n'est que partiellement affinée. Cette charge supérieure, partiellement affinée, est alors amenée sur la sole du four inférieur (en ayant soin de retenir la scorie au passage), où elle se mélange avec la charge oxydée. Les deux charges réagissent violemment et rapidement l'une sur l'autre, et l'affinage s'effectue très rapidement.

Dès que la décarburation est suffisante, on procède aux additions finales et l'on coule comme d'habitude. La rapidité de cette opération semble due à un affinage plus rapide dans le four inférieur.

On est donc en droit de se demander pourquoi cet affinage est plus rapide.

Dans l'opération Martin ordinaire, la vitesse de décarburation est limitée par le bouillonnement de la charge,

(1) Transactions American Institute of Mining Engineers, Washington Meeting, février 1900. The Mineral Industry, VII, p. 421. — The Engineering and Mining Journal, LXVIII, p. 276, 2 septembre 1899.

qui risque d'entraîner une partie du métal en dehors du four ou à l'intérieur des carneaux.

Dans le procédé Bertrand-Thiel, la rapidité de l'affinage peut être attribuée aux trois raisons suivantes :

1° Pour un four de dimensions données, il y a plus d'espace libre pour le métal, en raison de la faible quantité de scorie, celle du four supérieur ayant été éliminée au passage et celle du four inférieur étant peu abondante en ce qu'elle provient surtout du métal oxydé (naturellement exempt de gangue), alors que, dans l'opération ordinaire, la gangue du minerai en fournit une grande quantité.

2° Les deux charges de métal, fonte mi-affinée et métal suroxydé, se mélangent comme l'eau et le vin, se diffusent l'un dans l'autre ; en sorte que la réaction a lieu au sein même du bain, et s'accomplit simultanément dans toute la masse du métal. Dans l'opération Martin ordinaire, au contraire, cette réaction se produit entre la couche de scorie et la couche de métal, qui se comportent comme l'eau et l'huile, ne se mélangent pas, mais restent comme deux corps distincts, de sorte que la réaction a lieu seulement à la surface de contact de ces deux couches. D'ailleurs, l'endroit où cette réaction a lieu principalement, est la surface de contact entre les morceaux de minerai et le bain de métal, endroit où le métal et la scorie sont refroidis et rendus moins liquides par le contact du minerai froid. Je reviendrai sur cette question de perte de liquidité.

3° La température est plus élevée dans l'opération Bertrand-Thiel, d'abord en raison même de la plus grande rapidité de la réaction exothermique qui s'accomplit entre l'oxyde de fer et le carbone, et ensuite parce que les matières réagissantes, métal mi-affiné et métal suroxydé, se trouvent initialement à une tempé-

rature très élevée, alors que dans l'opération Martin ordinaire, la réaction se passe entre le carbone du métal refroidi par places et le minerai de fer *froid*.

On peut alors se demander pourquoi le surbouillonnement produit par cette décarburation si rapide n'est pas excessif. La raison en est, je crois, qu'il ne peut se produire de mousse qu'avec un corps dont la fluidité est imparfaite, car s'il est facile de faire mousser de la crème ou des œufs, il est impossible de faire mousser de l'eau ou de l'alcool. La scorie, précisément parce qu'elle est moins fluide que le métal, est la principale cause du surbouillonnement. Nous pouvons donc dire que si le bouillonnement, même avec décarburation très rapide, n'est pas excessif dans l'opération Bertrand-Thiel, il faut l'attribuer à trois causes : 1° il y a peu de scorie ; et cette scorie, étant très chaude, est par cela même très fluide ; 2° l'ensemble de la charge se trouve à une température plus élevée que dans l'opération Martin ordinaire ; 3° la scorie ne se trouve pas, comme dans l'opération ordinaire, refroidie juste aux seuls points où le bouillonnement peut se produire, c'est-à-dire où le minerai froid qui flotte dans la scorie dégage de l'oxyde de carbone par sa réaction sur le carbone du métal.

Résultats. — Avec une paire de fours, on fait 8 opérations par 24 heures, soit 4 opérations par four et par 24 heures, en marchant avec fonte et minerai.

La charge est composée de : fonte liquide, 80 % ; fonte froide, c'est-à-dire solide, 12 % ; scraps, 8 %. Bien que la fonte liquide contienne à C. 3,5 % ; Ph 1,5 % ; Si. 1,0 %, soit, au total, 6 %, ne laissant que 94 % de fer pur, on arrive, au lieu de la perte habituelle par oxydation, à gagner 2 % provenant de la réduction du fer du minerai, et le rendement en lingots propres est de 98,5 %.

PROCÉDÉ TALBOT

Coulée de l'acier par petites quantités. — Pour éviter le reproche adressé au procédé Martin d'avoir une puissance de production trop restreinte, on a construit des fours à sole de capacité de plus en plus grande. Mais lorsqu'il s'agit de faire du rail ou de la tôle, ces fours de grande puissance ont l'inconvénient de ne donner du métal qu'à de longs intervalles, et par quantités beaucoup trop fortes, à la fois, puisque le poids en peut atteindre 50 à 75 tonnes. Dans ce cas, le procédé Bessemer présente, au contraire, l'avantage de donner des coulées d'un poids plus petit et mieux adapté, par exemple de 10 tonnes chacune, à des intervalles de temps variant de 10 à 12 minutes.

Cet inconvénient est diminué par l'adoption du « procédé continu sur sole basique » qui paraît avoir un avenir très important. Ce procédé a été imaginé et mis au point par M. Talbot, de Pencoyd (Pensylvanie).

Au lieu de traiter chaque charge individuellement, comme dans l'opération Martin ordinaire, et de couler en une seule fois la totalité du métal, M. Talbot emploie un four oscillant du système Wellman, et coule à intervalles assez rapprochés, de manière à ne retirer du four que le quart environ de la charge. Le métal coulé est remplacé immédiatement par de la fonte liquide qui se répartit immédiatement dans le bain. Au bout de quelques heures, on coule de nouveau un quart de la charge, que l'on remplace encore par une quantité équivalente de fonte. L'opération se poursuit ainsi, pendant toute une semaine, sans vider le four ni modifier sensiblement sa température.

Outre l'avantage que l'on a d'utiliser ainsi un four à grande capacité pour la production de lots d'acier

d'un poids approprié, ce procédé permet également de supprimer les difficultés, qui dans l'opération ordinaire, sont inhérentes à la période de fusion. Ces difficultés sont les suivantes :

1° La température basse et la grande proportion de surface présentée pendant la fusion favorisent l'oxydation du fer et du silicium, avec formation d'une scorie relativement riche en oxyde de fer et en silice, et par conséquent très corrosive, qui attaque fortement la sole du four avant que celle-ci ne soit recouverte d'une couche protectrice de métal fondu. C'est cette période de formation de scorie relativement siliceuse et ferrugineuse qui est la plus préjudiciable à la conservation de la sole et des parois du four.

2° Si, pour une raison quelconque, il est impossible de pousser ultérieurement la température jusqu'au degré convenable, il peut devenir difficile de réduire à nouveau en proportion notable le fer primitivement oxydé dans ces conditions.

3° A cette température relativement basse, qui se maintient pendant toute la fusion, et même un peu après, la décarburation est nécessairement lente, et elle ne peut s'accélérer que lorsque la température s'est relevée suffisamment, c'est-à-dire au bout d'un temps assez long.

Dans le procédé continu, cette période de fusion à température basse n'existe qu'une fois par semaine; les inconvénients signalés plus haut ne se produisent donc qu'une fois tous les sept jours, au lieu de se renouveler à chacune des charges. En outre, au moment où l'on introduit la fonte liquide, le four est déjà presque plein de métal fondu qui protège la sole. La charge, même si elle était constituée par des riblons, ne serait

oxydée que très peu puisqu'elle passe immédiatement sous la couche de métal liquide qui se trouve déjà dans le four. Quant à la silice qui résulte de l'oxydation du silicium, elle se trouve immédiatement diluée dans une masse considérable de scorie basique; en sorte que l'on n'a plus cette période transitoire de scorie silico-ferrugineuse, qui existe dans l'opération discontinue et, d'ailleurs, dans le procédé continu, la sole est à l'abri de l'attaque de la scorie.

Dans ces conditions, M. Talbot peut traiter au four à sole des fontes à 1,50 % de silicium, au lieu de 1,00 % qui chez nous constitue la limite de la spécification de vente pour le traitement discontinu. C'est là un avantage considérable, puisqu'il peut utiliser ainsi une plus forte proportion de la production d'un haut-fourneau donné. En fait, il a pu jusqu'à présent réaliser une fabrication très économique en achetant des fontes trop siliceuses qu'on ne pouvait utiliser au Martin basique ordinaire, les « Misfits ».

Enfin, un autre avantage de ce procédé est que, grâce au régulateur de chaleur énorme constitué par les trois quarts de la charge qui restent constamment dans le four, le métal que l'on introduit dans le four se trouve immédiatement à une température assez élevée pour que la décarburation soit rapide.

Rapidité. — Cette dernière condition laisserait supposer que la capacité de production, dans le procédé continu est beaucoup plus grande que dans l'opération ordinaire intermittente. En réalité, pour une raison que j'indiquerai tout à l'heure, il n'en est rien. Lorsqu'on traite de la fonte seule, sans riblons, la production d'un four continu de 75 tonnes, est d'environ 500 tonnes d'acier par semaine de 138 heures. Cette production, bien qu'obtenue en 25 lots d'environ 20

tonnes chacun, ne représenterait, comme on le voit, que 7 charges environ d'un four intermittent de 75 tonnes. Or, une marche à raison de 7 coulées par semaine est à peine supérieure à celle que l'on réalise communément au Martin ordinaire dans les mêmes conditions, c'est-à-dire, en traitant de la fonte sans riblons.

Une des raisons de cette équivalence est tout à fait évidente. Avant que l'on procède à la coulée, il faut que la charge soit mise au point, c'est-à-dire amenée simultanément à la température et à la composition voulues. Or, cette mise au point exige un temps considérable. En outre, comme cette mise au point doit être répétée avant chaque coulée, et que l'on ne coule que le quart de la fournée, il s'ensuit que nous avons quatre mises au point par fournée (en ce cas par 75 tonnes), au lieu d'une seule dans le cas de la marche intermittente.

Durée du four. — On pourrait supposer que la prolongation continue d'une température extrêmement élevée, pendant toute une semaine, sans les périodes de refroidissement qui caractérisent l'opération intermittente, dût diminuer la durée de la sole et de la voûte du four. Mais, d'une part, en ce qui concerne la sole, l'expérience a suffisamment prouvé que l'usure par l'action de la chaleur est contrebalancée par l'absence de toute attaque provenant d'une scorie silico-ferrugineuse, ainsi que dans le four intermittent, pendant la période de fusion.

D'autre part, en ce qui concerne la voûte, l'expérience prolongée pourra seule démontrer si l'effet continu d'une chaleur intense est ou n'est pas plus nuisible à la conservation de la maçonnerie que les effets de dislocation provoqués par les dilatations et

les contractions alternatives qui résultent des variations de température dans le procédé intermittent.

Résultats. — Le four a 9 mètres de long entre les autels et 2^m,70 de largeur intérieure; la sole a 7^m,50 de long, 2^m,40 de large et 0^m,75 d'épaisseur au centre. Les régénérateurs mesurent 6^m,60 de long sur 1^m,80 de haut; ils ont respectivement 3 mètres et 2^m,10 de largeur. Les tableaux suivants donnent la production par semaine avec la consommation correspondante de matières premières.

Consommation.	Fonte.....	483 tonnes
	Ribbons.....	22 —
	Ferro-manganèse	2 —
	Silico-spiegel.....	1 —
	Total	508
	Minerai de fer à 58 % de fer.	51 tonnes
	Minerai de manganèse.....	3 —
	Battitures à 66,80 % de fer...	18 —
	Déchets de laminage à 74,5 % de fer.....	36 —
	Chaux	52 —

Production : 535 tonnes de lingots et scraps, soit 105,4 tonnes par 100 tonnes de métal chargé.

Consommation de combustible : 25 %.

Lorsqu'on compare ces résultats avec ceux de l'opération westphalienne, il faut se rappeler que l'opération fonte-minerai est nécessairement beaucoup moins rapide et consomme beaucoup plus de combustible que l'opération fonte-scraps.

En résumé, le procédé Bertrand-Thiel augmente énormément la production, par suite de la vitesse de la réaction au sein même du bain, le métal mi-affiné et le

métal suroxydé se diffusant l'un dans l'autre, par suite de la plus haute température qui en résulte, etc. Le procédé continu Talbot permet, tout en utilisant des appareils de grande capacité, de couler à intervalles convenables des lots d'acier de poids modéré; en outre, il rend possible l'utilisation de fontes plus riches en silicium que dans le procédé intermittent. Je ne vois aucune raison pour que l'on n'arrive pas à combiner ces deux procédés, les deux fours (supérieur et inférieur) du système Bertrand-Thiel fonctionnant par le procédé continu de M. Talbot. On réunirait ainsi sans doute les avantages des deux systèmes.

Fours basculants. — On a déjà mis en service un grand nombre de fours de 50 tonnes du système Campbell et même de 75 tonnes du système Wellman, et les résultats obtenus ont été excellents. Ces fours, dont la forme rappelle celle d'un baril tournant autour ou presque autour de son axe horizontal. On supprime ainsi toutes les difficultés provenant du trou de coulée. En outre, les soles de ces fours durent plus longtemps, car on peut les vider beaucoup plus complètement, et la quantité de fer restant et pouvant s'oxyder après la coulée et ronger la sole est très faible. De plus, le four Campbell permet une décarburation plus rapide, tout en permettant d'éviter les inconvénients qui résultent d'un bouillonnement excessif puisqu'il suffit de faire basculer convenablement le four pour empêcher la charge de s'échapper par les portes de chargement. Enfin, ces fours présentent quelques autres avantages qui, quoique moins frappants, n'en sont pas moins très réels. Je rappellerai que le procédé continu de M. Talbot exige l'emploi d'un four de ce genre.

Procédé Duplex. — Dans une variété de ce procédé, la fonte est d'abord débarrassée du silicium au conver-

tisseur acide, puis, immédiatement après, on la déphosphore et la décarbure dans un four Martin basique. Ce procédé a été l'objet de perfectionnements notables, surtout de la part de MM. Daelen et Pszczolka, qui ont imaginé un convertisseur spécialement applicable à cette opération et soufflé au moyen de vent chaud comme les hauts-fourneaux. Ce procédé paraît plein d'avenir, car, d'une part, il doit jouir de tous les avantages inhérents au procédé Bessemer (rapidité et faible consommation de combustible), et, d'autre part, il ne doit pas présenter les inconvénients de ce même procédé en ce qui concerne les pertes de fer et la qualité réputée inférieure des produits qu'il fournit, par rapport à ceux du Martin.

Il n'est pas encore temps de parler avec certitude de cette méthode d'affinage. Nous pouvons cependant noter, d'une part, que la perte actuelle de métal est plus grande que dans l'opération ordinaire au convertisseur acide (13,8 %) et, d'autre part, que les mérites apparents du procédé sont cependant suffisants pour avoir déterminé plusieurs aciéries à l'adopter, comme me l'annonce M. Daelen lui-même.

M. TAUZIN, président de la Société de l'Industrie minière, au nom de M. le Président Tschernoff, remercie d'une façon spéciale, de sa remarquable communication, M. le professeur Howe qui est un vétéran des Congrès de l'Industrie minière. Déjà en 1889, il avait présenté un travail tout particulièrement intéressant, et cette année encore il veut bien venir faire connaître les progrès considérables réalisés en Amérique au point de vue métallurgique. Au nom de toute l'assemblée, M. Tauzin exprime à M. le professeur Howe ses vifs remerciements.

A propos du rapport de M. Rocour, M. Jean ESCALLE fils, directeur technique des Aciéries de France à Isbergues, présente les observations suivantes :

M. Rocour, dans la très remarquable et intéressante note qui vient d'être analysée devant le Congrès, nous prédit non seulement la disparition plus ou moins lointaine de la métallurgie du fer, mais aussi celle du Bessemer acide, ainsi que la concentration du procédé Siemens dans les centres de production d'acier Thomas, autrement dit, il nous expose cette doctrine : « En dehors du procédé Thomas, pratiqué au convertisseur basique, point de salut ».

Nous espérons, nous autres, gens de Bessemer acide et aussi de procédé Siemens, que cette prédiction de mauvais augure n'est pas près de se réaliser, aussi bien en ce qui concerne le procédé Bessemer acide que le Siemens basique.

En outre, nous ne pouvons laisser passer sous silence certaines assertions de M. Rocour, qui sont susceptibles de jeter un discrédit sur nos fabrications, consacrées pourtant par de longues années d'existence et par des résultats indiscutables et indiscutés.

Nous reconnaissons que le mélangeur, en assurant la régularité du mélange des fontes et contribuant à leur désulfuration, a notablement amélioré la fabrication de l'acier Thomas en permettant plus facilement d'obtenir un métal homogène et régulier.

Nous reconnaissons aussi que le procédé Darby (et tous autres également basés sur l'emploi du carbone des combustibles), assurant une récarburation facile des aciers doux, a permis de fabriquer des aciers durs au procédé Thomas.

Est-ce à dire pour cela que le Bessemer acide puisse être détrôné par le procédé Thomas pour la fabrication

courante et spéciale d'aciers durs ? Nous ne le pensons pas, et voici pourquoi :

La recarburation au procédé Darby, résultant de la combinaison d'un corps solide, le carbone, avec un mélange liquide d'acier, ne saurait être ni aussi homogène ni aussi régulière que celle obtenue par l'addition d'une fonte liquide carburée et manganésée à ce même mélange liquide d'acier.

La preuve en est dans la perte sèche de carbone qu'on obtient au procédé Darby, par suite de la combustion d'une certaine quantité de ce corps, au moment où l'on verse le mélange dans la poche à acier.

Les quantités de carbone brûlé et de carbone combiné varient :

1° Suivant la teneur en silicium du métal final ;

2° Suivant la chaleur physique de l'opération ;

3° Suivant la répartition plus ou moins égale du recarburant (charbon ou coke) dans la poche et son contact plus ou moins intime avec la scorie ; et, en comparant les aciers durs obtenus par les deux procédés différents, basique ou acide, on trouve normalement, au désavantage des premiers, plus d'écart dans les résistances par millimètre carré à la charge de rupture, d'une coulée à l'autre — malgré le mélangeur — et des résultats aux essais de choc généralement moins bons que ceux obtenus au procédé acide ordinaire. Enfin, on obtient souvent des coulées extra dures, très fragiles, sinon inutilisables, du moins dangereuses, par suite de la répartition irrégulière des matières et du carbone qui se trouve en nids et notamment incomplètement combiné.

Aussi, si certaine Compagnie française a commandé des rails durs basiques pensons-nous que ce cas,

fort heureusement pour nous, anormal, est plutôt dû à des conditions particulières et commerciales, qu'à une préférence marquée. Car, à l'inverse, on pourrait citer telle autre Compagnie qui donne encore, aujourd'hui, une prime au Bessemer acide sur le déphosphoré.

M. Rocour voudra bien reconnaître avec nous qu'il suffit d'une inattention ou d'une maladresse d'un opérateur pendant le temps si court du sursoufflage, pour laisser subsister à la fin de l'opération des quantités de phosphore rendant le produit laminé absolument défectueux.

Aussi, pouvons-nous dire, hardiment, aux fabricants d'acier Thomas : « Vous pouvez arriver à bien faire l'acier dur, mais nous avons sur vous l'avantage de ne pas pouvoir le mal faire ».

Et cette chance d'irrégularités dans la dureté de vos coulées, nous ne saurions l'admettre dans nos fabrications, si simples, si faciles, si sûres.

Enfin, ce mélangeur, dont vous prônez les bienfaits pour les fontes Thomas qu'il rend plus homogènes et moins sulfureuses, permet au procédé acide de donner, en première fusion, des fontes hématites presque exemptes de soufre et de phosphore qui, transformées en acier, fournissent un métal autrement résistant que le métal basique courant, avec des allongements magnifiques.

Certes, nous rendons hommage à MM. Thomas et Gilchrist qui en ouvrant un immense débouché au gisement oolithique de notre pays, ont développé d'une façon incroyable une des branches les plus importantes de notre industrie. Mais devant vos succès, doit-on conclure que toutes les mines de minerais purs doivent bientôt tomber en déchéance ? Devra-t-on laisser enfouies et improductives toutes les richesses minérales de

notre pays, des pays voisins et des colonies, pour cette unique raison que le phosphore y fait défaut ?

Ne serait-ce pas plutôt un désastre pour notre industrie nationale si les grandes usines qui jalonnent les côtes de France, des parages de Dunkerque à ceux de Bayonne, devaient éteindre leurs feux ?

Aussi ne partageons-nous pas l'opinion de M. Rocour qui escompte, à la fin de sa note, le déplacement des centres de production d'acier Martin, vers les grandes aciéries Thomas. Nous pensons qu'en dehors des chutes de rails ou de poutrelles d'acier que font ces dernières, il existe ailleurs de telles quantités de mitrailles, riblons et bocages de toutes sortes que la nécessité pour les aciéries Martin de vivre sur les aciéries Thomas ne nous paraît pas suffisamment démontrée par une simple assertion.

D'ailleurs, on peut, dans les cas d'abondance de riblons et de pénurie de fonte, ne charger au four Martin que des quantités de fonte insignifiantes, à l'inverse de ce qui se pratique dans l'Ore process.

Il s'ensuit que la vitalité des aciéries Martin, loin des centres de production des fontes Thomas, peut être parfaitement assurée.

Du reste, l'acier Martin basique a fait ses preuves dans les fabrications actuelles, depuis l'acier ordinaire jusqu'aux aciers spéciaux, et il a donné des résultats satisfaisants quelle qu'ait été la dureté demandée.

On a pu conduire les opérations de façon à obtenir toutes les duretés d'acier et tout en assurant en même temps au métal une parfaite homogénéité et une absence presque complète de soufflures.

Enfin, les fabrications spéciales dans lesquelles la matière première ne joue qu'un rôle secondaire comme tonnage, sinon comme qualité, ne pourront se déplacer du jour au lendemain. En dehors de l'outillage consi-

dérable qu'elles nécessitent, il y a la main-d'œuvre et le renom des usines actuelles qui s'opposeront à toute transplantation immédiate ou même prochaine.

En résumé, nous pensons que point n'est besoin d'essayer d'enlever au procédé Bessemer acide ni au Martin basique leur mérite de faire du métal dur parfait.

Les usines de déphosphoration, en remplaçant de plus en plus les usines à fer, trouveront des débouchés suffisants, en acier doux, pour leur extension.

Les petites usines lutteront, il est vrai, de plus en plus difficilement avec les grandes usines traitant des minerais purs au Bessemer acide et pourvues de fours Siemens, et ces dernières trouveront ainsi de nouveaux débouchés dans ces petites fabrications qui sont, actuellement en France, disséminées dans le Nord, dans les Ardennes et dans le Centre.

M. BRESSON a répondu dans les termes suivants aux précédentes observations :

La communication qui vient de vous être faite me cause beaucoup de plaisir mais aussi un peu de peine. Le plaisir vient de ce que la note de M. Jean Escalle répond précisément au désir que j'exprimais tout à l'heure de voir une large discussion se produire sur le mémoire de M. Rocour, discussion qui, dans ma pensée, ne devait pas porter seulement sur les deux cornues acide et basique, mais aussi sur les fours Martin Siemens des deux systèmes.

La peine que j'éprouve vient de ce que M. Rocour n'est pas là pour répondre aux observations faites et défendre ses idées dans la mesure qu'il aurait jugée convenable.

Je ne crois pas que M. Rocour ait eu l'intention de

déclarer que le procédé basique doit remplacer les procédés existant dans toutes les usines actuelles. Ce serait là une prétention excessive, car il est certain que les appareils de fabrication à garnissage acide permettent d'obtenir facilement certaines sortes d'acier auxquelles on n'arrive encore aujourd'hui par la cornue Thomas qu'avec d'assez grands efforts. C'est ainsi que le métal acide possède naturellement au point de vue de la dureté, de l'élasticité, des qualités qui le font préférer pour certains usages spéciaux. De son côté, le métal Thomas a l'avantage de la douceur. Je ne crois pas qu'on puisse arriver avec les métaux acides à la douceur extrême que le procédé Thomas donne facilement. Je suis persuadé qu'à cet égard M. Escalle sera lui-même de mon avis.

Le métal Thomas possède une autre supériorité ; c'est que les minerais servant à sa fabrication existent dans notre sol et dans notre voisinage en quantité pour ainsi dire illimitée. Les usines qui s'installent pour l'appliquer ont donc un long avenir devant elles et peuvent s'outiller en conséquence. C'est là un avantage économique sérieux.

Je voudrais me permettre, en terminant, une dernière observation. Je me trouvais, il y a juste aujourd'hui huit jours, à Witkowitz, une grande usine autrichienne qu'un certain nombre d'entre vous connaissent certainement. Les fontes qu'on y emploie contiennent trop de silicium pour être traitées par le procédé Thomas, mais, d'autre part, le phosphore y est trop abondant pour que le garnissage acide puisse être employé. Pour faire face à cette difficulté, on divise l'opération en deux ; après un soufflage de quelques minutes dans une cornue acide qui élimine la plus grande partie du silicium, on porte le bain liquide dans un four basique où le phosphore est enlevé et où l'affinage s'achève beaucoup plus rapi-

dement que dans le four Martin ordinaire. Je ne crois pas exagérer en disant que plus de 100.000 tonnes d'acier sont obtenues à Wilkowitz par ce procédé mixte. J'ai tenu à vous en citer l'emploi, parce qu'il montre combien il est difficile d'établir d'une manière définitive une limite infranchissable entre les divers appareils métallurgiques dont nous disposons, et qui peuvent, à un moment donné, se prêter un concours inattendu (*Applaudissements*).

M. LODIN, professeur de métallurgie à l'Ecole des mines de Paris, désire à son tour présenter quelques observations sur le rapport de M. Rocour :

M. Rocour dit qu'on ne pourra jamais remplacer le puddlage au point de vue des propriétés physiques du métal. M. Lodin croit que cette affirmation est trop catégorique ; l'expérience a prouvé que le métal Martin basique peut se souder avec la même facilité que le fer. Il pourrait citer telle usine qui ne fabrique que du métal Martin basique, et qui le vend comme fer de première qualité sans que personne ait éprouvé de difficultés au soudage. Il croit que si on avait vendu le métal comme acier fondu, il se serait probablement produit des difficultés ; le métal ayant été vendu comme fer, tout s'est bien passé, parce que les forgerons n'ont pas hésité à chauffer suffisamment.

La soudabilité du métal dépend essentiellement de la proportion de soufre que contient ce métal ; actuellement, dans la métallurgie basique, ce n'est pas le phosphore, mais le soufre qui constitue la difficulté. Le fabricant oscille entre deux écueils : faire de la fonte notablement manganésée, ou laisser du soufre. On prend souvent le second parti et la qualité s'en ressent ; le tout est d'arriver à conduire le travail de façon convenable. On peut employer les mélangeurs,

ce qui se fera de plus en plus ; on peut aussi éliminer une certaine proportion de soufre au four Martin basique.

Quand on se sera bien rendu compte des ressources de cette dernière méthode de travail, l'emploi du puddlage se restreindra rapidement. Cette méthode, qui ne date guère que d'un siècle, n'a plus maintenant un grand avenir ; son importance pratique se restreindra plus vite que ne paraît le croire M. Rocour.

Notre honorable collègue, M. Howe, a parlé du procédé Bertrand Thiel. L'oxydation préalable des riblons sur la deuxième sole joue un grand rôle au point de vue de la rapidité de la réaction. Cette réaction est d'ailleurs facilitée par l'intensité du chauffage de ces riblons et la facilité particulière de leur mélange avec la fonte. On peut obtenir les mêmes résultats, avec plus de lenteur, il est vrai, en employant un minerai contenant une très faible proportion de silice. Pour obtenir un travail régulier sur une sole basique, l'emploi de pareils minerais s'impose, à l'exclusion des minerais siliceux ou alumineux. On a l'avantage d'obtenir une augmentation notable du rendement par réduction du fer quand on marche à une allure assez chaude. Toutefois, pour des raisons économiques, il convient de ne pas pousser trop loin la récupération du fer par cette méthode, mais on peut facilement supprimer le déchet si l'on emploie des appareils assez puissants au point de vue du chauffage.

Ainsi comprise, la méthode Martin-Siemens bénéficiant de ses avantages au point de vue de la qualité des produits obtenus, peut, sauf pour les produits courants, lutter avantageusement contre le convertisseur et arriver à remplacer le puddlage. Ce n'est pas la question de soudabilité du métal qui pourra arrêter cette substitution d'une méthode à l'autre dans un assez bref délai.

La fabrication et le travail des aciers spéciaux.

Par M. BABU,

Professeur à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne (1).

M. BABU analyse son rapport qui a été distribué aux membres du Congrès.

M. le PRÉSIDENT adresse, au nom de tous, les plus sincères remerciements à M. Babu pour son travail très important qui constitue un document précieux et indispensable pour la continuation des recherches entreprises dans cette voie si féconde de la fabrication et du travail des aciers spéciaux. Nous sommes unanimes pour adresser à M. Babu tous nos remerciements et toutes nos félicitations (*Applaudissements*).

M. BRESSON, comme secrétaire, croit devoir signaler une erreur d'impression qui s'est glissée dans le mémoire de M. Babu. Il y est question de M. Dumont, à propos de l'usine d'Imphy ; c'est M. Dumas qu'il faut lire. Les épreuves ont été nécessairement très rapidement corrigées, pour que le mémoire puisse être distribué avant la séance et c'est à cette circonstance qu'est due cette erreur.

D'ailleurs, M. DUMAS est présent ; il est un de ces ingénieurs auxquels faisait appel M. Babu, qui ont étudié particulièrement la question des aciers au nickel, ainsi que le prouvent les notes qu'il a présentées à l'Institut en juillet 1899 sur la position des points de transformation magnétique des aciers au nickel, et en mai 1900 sur les transformations allotropiques des

(1) Voir ce rapport, *Bulletin*, tome XIV, page 1533.

alliages de fer et de nickel. Il sera sans doute disposé à présenter quelques observations intéressantes.

M. DUMAS. — Il suffit de parcourir le remarquable rapport qui vient d'être résumé devant le congrès pour se rendre compte de la très grande importance des recherches relatives aux aciers spéciaux. Les savants ont apporté à cette étude de nombreuses contributions auxquelles se sont jointes celles non moins nombreuses des métallurgistes ; l'ensemble de ces travaux considérables fait entrer de plus en plus la métallurgie dans le domaine de la physico-chimie. Le rapport de M. Babu, qui réunit les résultats acquis, sera un document extrêmement précieux pour nos laboratoires et nos usines.

On remarquera, parmi les questions les plus largement étudiées, celle des transformations allotropiques du fer. Je me propose d'aborder devant le congrès une des régions de ce vaste domaine, celle des transformations allotropiques du fer dans les aciers au nickel, qui a été, depuis quelques années, l'objet de nos recherches aux aciéries d'Imphy.

Permettez-moi de vous dire tout d'abord combien je suis heureux et honoré de traiter cette question de la transformation allotropique du fer en présence et sous la présidence de celui qui est, comme l'a rappelé M. Babu, le promoteur, l'initiateur des études d'allotropisme, M. le professeur Tschernoff (*Applaudissements*).

Je prendrai pour point de départ un diagramme qui figure à la page 1578 du rapport ; ce diagramme, donné par M. Osmond dans les comptes rendus de l'Académie des sciences en janvier 1899, résume les résultats de ses propres travaux et des travaux antérieurs, notamment ceux de M. Ch. Ed. Guillaume. Il donne

la position des points de transformations allotropiques des aciers au nickel de teneurs variant de 0 à 100 %, transformations qui sont caractérisées par l'apparition ou la disparition du magnétisme. Les abscisses sont les teneurs en nickel, et les ordonnées les températures ; l'examen du diagramme montre que, par exemple, un acier à 15 % de nickel, lorsqu'il a été chauffé pour subir le forgeage ou le laminage et refroidi ensuite librement à l'air, subit vers 140° la transformation allotropique caractérisée par l'apparition du magnétisme, et que, s'il est ensuite soumis à un nouvel échauffement, il subit vers 620° la transformation caractérisée par la disparition du magnétisme.

L'examen de ce diagramme permet aussi, en particulier, de constater que les points de transformation se rapprochent de plus en plus de la température ordinaire à mesure que la proportion de nickel augmente, mais seulement tant qu'elle ne dépasse pas 25 %.

On remarque encore que les deux courbes des points de transformation à l'échauffement et au refroidissement s'écartent de plus en plus jusqu'à 25 % de nickel, aciers irréversibles de M. Guillaume ; au-delà, aciers réversibles, les deux courbes sont, au contraire, très proches l'une de l'autre. Elles ne se raccordent pas avec les deux premières ; 25 % de nickel est donc une teneur aux environs de laquelle se produit un changement complet dans l'allure des transformations allotropiques.

Pour reconnaître la cause de ce changement d'allure, il fallait étudier un certain nombre d'échantillons de teneurs voisines de 25 %, ce que nous pouvions faire facilement aux Aciéries d'Imphy. Nous avons déterminé leurs points de transformation en ayant soin

d'immerger dans la neige carbonique à -78° ceux d'entre eux qui ne subissaient pas leurs transformations à la température ordinaire. Nous avons ainsi constaté que les courbes du diagramme de M. Osmond se prolongent lorsque les échantillons sont refroidis au-dessous de 0° et que, par conséquent, elles se coupent.

Cette constatation est, croyons-nous, d'un grand intérêt, car elle nous paraît établir que les courbes des points de transformation du fer sont distinctes de celles des points de transformation du nickel, autrement dit, que le fer et le nickel conservent leur individualité dans les aciers au nickel au moins au point de vue de la transformation allotropique. Nous admettons donc que les transformations constatées dans les aciers au nickel sont ou des transformations du fer ou des transformations du nickel ; cette considération nous paraît faciliter beaucoup l'étude des phénomènes.

Il en résulte que les aciers à teneurs en nickel inférieures à 25 % contiennent du fer magnétique, tandis que ceux dont la teneur est supérieure à 25 % contiennent du fer non magnétique. Cette distinction est d'un grand intérêt pour le métallurgiste, car la transformation allotropique du fer produit des modifications considérables de ses propriétés physiques, notamment de sa densité, de son coefficient de dilatation, de sa résistance électrique et de ses propriétés mécaniques : ductilité, dureté, etc. On peut, dans une certaine mesure, comparer cette transformation à celle de l'eau qui devient de la glace lorsque la température s'abaisse au-dessous de 0° ; de même, quoique le fer magnétique et le fer non magnétique soient chimiquement le même corps, ils sont physiquement des corps différents. Le fer cessant d'être magnétique à la température ordinaire dans les aciers au nickel au-delà de la teneur de 25 %, nous sommes amenés à faire une

première répartition de ces aciers en deux catégories, la première comprenant ceux qui contiennent à la température ordinaire du fer magnétique, et la seconde ceux qui contiennent à cette même température du fer non magnétique.

Les aciers contenant du fer magnétique ont pour teneur maximum en nickel 25 %, environ ; cette teneur limite est celle des aciers très peu carburés, mais il résulte de nos recherches qu'elle s'abaisse rapidement sous l'influence de quelques millièmes de carbone. Ce n'est donc plus 25 %, qui marque la séparation entre les aciers contenant du fer magnétique et les aciers contenant du fer non magnétique ; le carbone pouvant être substitué à une fraction quelconque du nickel on peut obtenir des aciers d'une teneur en nickel quelconque, contenant à la température ordinaire du fer non magnétique, la teneur en carbone s'élevant à mesure que la teneur en nickel diminue.

C'est exact même à la limite, lorsque la teneur en nickel est réduite à 0, ce qui est le cas pour l'austénite, fer non magnétique par le carbone seul, ainsi nommé par M. Osmond, en l'honneur de sir Roberts Austen, notre président d'hier.

Le diagramme des aciers au nickel fortement carburés se distingue de celui des aciers peu carburés par la disparition des courbes des points de transformation du fer, qui ont été abaissés au-dessous de la température ordinaire par les additions de carbone. Les courbes des points de transformation du nickel sont presque identiques à celles du diagramme des aciers peu carburés, les additions de carbone ne modifiant pas sensiblement la position des points de transformation de ce métal. Il résulte de l'examen de ce second diagramme que les aciers carburés sont non magnétiques jusqu'à 25 % de nickel et magnétiques par le

nickel au-delà de 25 %. La transformation du nickel est beaucoup moins intense que celle du fer, elle n'a pas le même intérêt pour le métallurgiste ; on constate que les propriétés mécaniques des aciers contenant du fer non magnétique sont semblables, qu'ils soient absolument non magnétiques ou magnétiques par le nickel.

Nous réunissons donc dans une même classe les aciers contenant du fer non magnétique et les répartissons en deux sections : la première, comprenant les aciers non magnétiques, de teneurs comprises entre 0 et 25 % de nickel, et la seconde, comprenant les aciers magnétiques par le nickel, de teneurs comprises entre 25 et 100 % de nickel.

Je dois ajouter que si le carbone est l'équivalent du nickel au point de vue de la transformation allotropique, il n'en est pas de même au point de vue des propriétés mécaniques, les aciers non magnétiques n'ayant aucune valeur pratique lorsque la teneur en nickel est inférieure à 15 %. Mais entre 15 et 25 %, on peut obtenir des aciers ayant même teneur en nickel dont les propriétés mécaniques sont très différentes suivant qu'ils sont ou non magnétiques. Les aciers magnétiques se font remarquer par leur haute limite d'élasticité et leur haute résistance ; les aciers non magnétiques par leur grand allongement. La différence est encore exagérée par la trempe qui augmente la limite d'élasticité et la résistance des aciers magnétiques et diminue celles des aciers non magnétiques. Pour fixer les idées, je vous dirai que la limite d'élasticité est pour les premiers d'au moins 80 kilogrammes, pour les seconds, de 40 kilogrammes à peine ; les résistances sont respectivement environ 140 kilogrammes et 80 kilogrammes, les allongements 15 % et 90 % ; les strictions diffèrent peu,

environ 40 et 50 %. Nous avons obtenu des aciers à 16 % de nickel, soit magnétiques soit non magnétiques, dont les propriétés mécaniques sont à peu près celles que je viens de faire connaître. Dans les aciers non magnétiques, une addition de chrome n'est pas indispensable, mais elle est favorable comme facilitant la dissolution du carbone.

Je ferai remarquer que l'augmentation de la teneur en carbone passant, par exemple, de 0,200 à 0,600 ou 0,800 adoucit considérablement le métal même en présence du chrome, ce qui ne s'explique que par l'abaissement du point de transformation produit par l'augmentation de la proportion de carbone.

En résumé, on obtient un enseignement précieux de nature à orienter dans le dédale des aciers au nickel, en approchant simplement un aimant de l'échantillon considéré et constatant s'il est ou n'est pas attirable à l'aimant; cette constatation permet de faire une première classification des aciers au nickel et notamment des aciers de même teneur. Il m'a paru intéressant de vous le signaler (*Applaudissements*).

M. le PRÉSIDENT. — M. Tschernoff tient à dire combien il a été touché par les allusions que MM. Babu et Dumas ont bien voulu faire à son nom. Il regrette que la langue française lui soit trop peu familière pour lui permettre de faire de longues observations; mais il ne peut résister à l'impulsion de son cœur et il tient à dire que s'il a fait faire quelques pas à la science, à l'étude de la métallurgie, il le doit beaucoup à des Français. Après avoir suivi les cours à l'Institut technologique à Saint-Petersbourg, il est entré de bonne heure dans la vie pratique. Regardez, dit-il, l'aiguille d'une boussole : elle commence par osciller, puis, peu à peu, elle s'arrête dans une direction : la direction de la force qui agit sur

elle. Lui, de même, dès ses premiers pas dans la vie pratique, il a tenté de s'orienter vers la science ; il a cherché autour de lui la source capable d'apaiser sa soif scientifique. Ouvrant les yeux, il a vu un pays plein de sources jaillissantes ce pays, c'était la France. Ces sources, ce sont les travaux inoubliables des savants français : Lavoisier, Gay-Lussac, Frémy, Carnot, Boussingault, Gruner, Jordan et d'autres encore.

Telles sont les sources où il a puisé et apaisé sa soif. Si vous m'avez fait l'honneur, dit-il, de me recevoir avec cordialité et de me nommer aujourd'hui votre président je le dois beaucoup à des Français ; c'est à la France que je reporte l'honneur que vous m'avez fait, et j'en exprime à mes maîtres français mes sentiments de profonde et chaleureuse reconnaissance (*Applaudissements*).

M. H. LE CHATELIER présente quelques considérations nouvelles sur les aciers au nickel. Il donne une interprétation des courbes qui se trouvent dans le mémoire de M. Babu, et parle, en terminant, des points de transformation des aciers au carbone.

Le Secrétaire dépose sur le Bureau, une note de M. MORARD, ingénieur, sous-directeur de la Société anonyme des Hauts-Fourneaux de la Chiers à Longwy-Bas sur les *Accrochages* ou *arrêts dans la descente des matières chargées aux gueulards des hauts-fourneaux*.

Le Bureau en décide l'insertion comme annexe au procès-verbal de la séance,

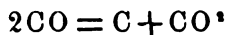
**Note sur les accrochages ou arrêts
dans la descente des matières chargées
aux gueulards des hauts-fourneaux.**

Par M. MORARD.

Préliminaires. — L'accrochage ou arrêt dans la descente des matières chargées aux gueulards des hauts-fourneaux est un des accidents les plus préjudiciables à leur régularité d'allure. Non seulement, par un accrochage, la production est arrêtée, mais encore la qualité des produits obtenus après sa destruction est toujours mauvaise. Tant qu'un accrochage persiste, le vent ne pénètre plus dans le haut-fourneau, les gaz ne traversent plus les charges, les appareils de récupération se refroidissent et le creuset, ne recevant plus de matières fondues, ne peut maintenir sa température.

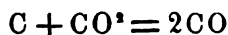
De plus, la destruction d'un accrochage amène toujours dans le haut-fourneau un bouleversement général et souvent expose le personnel à de graves accidents : dans une usine de l'Est, à la chute des matériaux dont la descente avait été longtemps arrêtée par un accrochage, du minerai et du coke portés à haute température ont été projetés et leur chute a fait de nombreuses victimes.

Aux accrochages, on a donné pour cause le dépôt de carbone pulvérulent provenant de la dissociation de CO en présence du minerai réduit :



Cette dissociation étudiée par L. Bell dans son traité : Principes de la fabrication du fer et de l'acier, ne saurait donner lieu à des accrochages, la température

des zones où ceux-ci sont susceptibles de se produire étant trop élevée et supérieure à 900°; à cette température, la réaction inverse



est prépondérante.

Les accrochages pourraient-ils être dus à l'infusibilité d'un laitier trop réfractaire? Non. Dans ce cas, ce serait seulement un engorgement du creuset qui serait à redouter; et quand un haut-fourneau est suspendu, son creuset est généralement libre.

Principes. — La texture amorphe que présente un laitier, même lorsqu'il a été refroidi lentement, démontre que celui-ci est le résultat de la fusion, à haute température, de plusieurs silicates et non d'un seul silicate.

Tous les silicates qui composent un laitier de haut-fourneau ont des compositions chimiques voisines, mais non identiques. Ils sont très basiques et réfractaires quand le laitier dont ils sont les composants correspond à la formation d'une fonte riche en silicium et en carbone graphitique; ils sont plus acides et renferment de l'oxyde de fer en plus grande abondance quand leur formation correspond à une marche en fonte blanche.

Je compare donc les laitiers à des alliages de silicates; comme ceux-ci, ils se liquatent et ce sont ces liquations qui, à mon avis, occasionnent les arrêts dans la descente des charges.

Je vais essayer de justifier cette opinion.

Pour simplifier, supposons qu'un laitier A ne soit le résultat que de la fusion de deux silicates, S et S', de compositions chimiques voisines et dont les fusions aient lieu aux températures T et T', admettons $T < T'$.

Si ce laitier A correspond à une fonte de moulage,

ses composants, les silicates S et S' , seront comme lui basiques et réfractaires.

Si un refroidissement vient à se produire dans la zone de fusion, la température nécessaire à la formation du laitier A ne sera plus atteinte, et non seulement celui-ci ne pourra plus prendre naissance, mais encore, comme pour un alliage, le silicate S' qui fond à la température T' se liquatera, et se séparera du silicate S qui fond à la température T , puisque $T < T'$.

Cette liquation donnera lieu à un dépôt de matières pâteuses qui, par leur accumulation, arrêteront la descente des matières chargées au gueulard. Cette liquation sera donc la cause d'un accrochage.

Ainsi, un refroidissement dans la zone de fusion provoquant la liquation d'un ou plusieurs silicates dont l'alliage constitue le laitier correspondant à la fonte que l'on veut produire, aura toujours un accrochage pour conséquence.

Les liquations de silicates, et, par suite, les accrochages auxquels elles donnent lieu, sont plus fréquents en allure de moulage car, pour cette allure, les silicates composant le laitier étant très basiques, ils ne peuvent pas trouver dans l'oxyde de fer la base supplémentaire nécessaire pour conserver leur fluidité.

Souvent les accrochages ont pour cause l'arrivée dans l'ouvrage d'un coke contenant une forte proportion de fraisl. Ces poussières brûlant très difficilement, leur accumulation dans l'ouvrage occasionne un refroidissement qui, lui-même, provoque la liquation des silicates les plus réfractaires composants du laitier primitivement formé; puis ces poussières se mélangent à ces silicates liquatés et le bloc pâteux qui en résulte est la cause d'un accrochage; la fusion ultérieure de celui-ci sera d'autant plus difficile à obtenir que l'on aura attendu plus longtemps pour remédier à ce mal.

Incidentement, ceci explique pourquoi une forte proportion de poussières de coke est si préjudiciable à une bonne marche et ne permet pas d'obtenir de fortes productions : les chutes des matières liquatées mélangées à ce fraisl occasionnent sur les parois du creuset des dépôts très réfractaires et font remonter les soles des hauts fourneaux.

Autant que possible, on doit donc éviter de charger des matières pulvérulentes aux gueulards des hauts-fourneaux ; ces poussières s'ajouteraient à celles qui sont dues aux frottements des matériaux entr'eux et sur les parois en maçonnerie. L'effet des frottements étant en raison directe de la pression, la plus grande quantité des poussières se trouvera précisément dans la région des étalages précédant immédiatement la zone de fusion, c'est-à-dire là où les accrochages prennent naissance.

Dans les hauts-fourneaux à *grande section*, on a des descentes irrégulières, des marches obliques lorsque, par un mauvais chargement ou par l'usure plus grande de la maçonnerie, la circulation des gaz ne reste libre que d'un seul côté ; dans ce cas, l'arrivée dans la zone de fusion de matières non soumises à l'action des gaz réducteurs donne lieu à un refroidissement qui provoque la liquation des silicates les plus réfractaires composant le laitier ; les blocs pâteux, mélanges de ces silicates et de ces matières qui ont donné lieu à ces liquations, arrêtent la descente des charges. La conséquence est la marche oblique du fourneau ; si on n'a seulement qu'une marche oblique, c'est grâce à la grande section du fourneau et à ce que les laitiers sont mauvais conducteurs de la chaleur.

Cet accident, très préjudiciable à une marche économique, peut être combattu, soit en employant des tuyères de plus grande section et en les éloignant,

soit en augmentant le nombre des tuyères ; le remède à apporter devra toujours avoir pour but de forcer le passage du vent du côté qui descend avec le moins de vitesse.

On a à craindre les accrochages lorsque, sans transition, une allure très chaude succède à une allure plus froide, lorsqu'on introduit dans le haut-fourneau de l'air à très haute température après avoir soufflé quelque temps à une température moins élevée. Ces variations de température de l'air injecté amènent des changements dans la zone de fusion dont les hauteurs sont inversement proportionnelles aux températures de l'air soufflé. La diminution de la hauteur de la zone de fusion provoque la liquation des silicates les plus réfractaires là où la fusion a cessé.

Aussi, pour assurer la régularité de la descente des charges, il faut maintenir constante la hauteur de la zone de fusion en injectant, dans le haut-fourneau, un volume d'air d'autant plus considérable que la température de celui-ci est plus élevée.

Ainsi, les matières pâteuses entrent en fusion dans la même région ; la descente des charges est régulière.

En résumé, après avoir apporté le plus grand soin au chargement des matières, ce qu'il convient de faire pour éviter les accrochages, c'est d'introduire l'air à des pressions manométriques d'autant plus élevées que la température des appareils de récupération est, elle-même, plus grande ainsi ; on injectera dans les hauts-fourneaux un poids d'air sensiblement constant, et la zone de fusion ne se déplacera pas ; ceci est assez difficile à réaliser lorsque les hauts-fourneaux sont éloignés des machines soufflantes à cause des pertes de charge qui en résultent et surtout (comme dans la plupart des installations déjà anciennes) lorsque ces

machines soufflantes ne peuvent vaincre des résistances supérieures à celles de leur vitesse de régime.

Si, malgré toutes les précautions, un accrochage se produit, il convient, pour en déterminer la chute, de faire varier, par la pression manométrique de l'air soufflé et par sa température, la hauteur de la zone de fusion. On déterminera ainsi la fusion des matières qui constituent la base de l'accrochage, puis, en arrêtant brusquement la soufflerie, on en provoquera généralement la chute.

Mais tous les procédés employés pour détruire un accrochage sont connus : c'étaient les causes de cet accident et les moyens qui nous paraissent le plus efficace pour l'éviter qui, seuls, doivent faire l'objet de cette note.

3^e SEANCE*Jeudi 21 Juin 1900.***DISCUSSION SUR LES ACIERS (SUITE)**

Président : M. Henry M. Howe.

Assisté de MM. SELLERIER et CARNOT.

Secrétaires : MM. GUILLEMOT et DUTREUX.

La séance est ouverte à 2 heures 1/4.

M. le PRÉSIDENT remercie vivement du grand honneur qui lui est fait en le nommant président de cette séance. Il désire en profiter pour dire quelques mots sur l'importance qu'a aux yeux de tous, et en particulier aux Etats-Unis, la métallurgie française. Lorsque, dit M. Henry M. Howe, mon prédécesseur vénéré, M. le professeur Egleston, est revenu de l'Ecole des mines de Paris à New-York, il a essayé de copier aussi exactement que possible cette Ecole française. De même, en développant notre Ecole des mines et en l'adaptant aux conditions particulières à notre pays, nous avons toujours regardé comme l'héritage le plus précieux les nobles traditions de l'Ecole des mines de Paris (*Applaudissements*).

M. le PRÉSIDENT rappelle que l'ordre du jour porte : *continuation de la discussion sur les aciers spéciaux*. Il donne la parole à M. PRALON qui s'exprime comme suit :

L'attention si soutenue avec laquelle vous avez écouté les très intéressantes communications qui vous

ont été faites hier sur les aciers spéciaux et principalement sur les aciers-nickel, m'ont fait penser que vous accueilleriez peut-être favorablement une toute petite observation, ou plutôt addition, sur un point particulier, au pourtant très complet résumé qui vous a été présenté par M. Babu.

Et tout d'abord, je m'excuse, moi, grossier métallurgiste du Nord de la France, forcément confiné, comme nos confrères de cette région et de celle de l'Est, dans les préoccupations de grosses productions et de bas prix de revient, d'oser intervenir dans ces questions délicates qui sont du domaine de la science la plus profonde, analytique et précise, et touchent aux parties les plus absconses de la philosophie naturelle.

Aussi n'est-ce pas du tout de travaux qui me soient personnels que je puis vous parler, mais les aciéries de Denain et d'Anzin auxquelles j'ai l'honneur d'être attaché depuis dix-huit ans, ont compté autrefois parmi leurs ingénieurs, avant qu'il n'allât au Creusot, et ont eu pour premier organisateur de leur laboratoire, M. Osmond, à qui vous avez tous rendu hier un tribut d'hommages auquel je suis heureux de m'associer pour ma très modeste part; elles ont aujourd'hui pour directeur technique le premier et plus intime collaborateur de ce savant maître, M. Werth, qui, quoique absorbé par les soucis de la conduite de deux grosses usines qui le retiennent loin de vous, n'a pas complètement, vous le pensez bien, abandonné l'étude des aciers-nickel dont il avait été le promoteur tant au Creusot qu'à Imphy.

Donc, sous la direction personnelle de M. Werth, il a été fait à Denain de nombreux essais et expériences sur les aciers spéciaux au manganèse, au chrome, et principalement sur les aciers-nickel.

De ces essais, je ne veux extraire que ce qui a trait

à l'action du recuit et de la trempe parce que les résultats en diffèrent assez notablement de ce que M. Babu indique dans son mémoire aux pages 1622 et suivantes comme ayant été constaté à l'Institut mécanique de Charlottenbourg et aux Aciéries de Saint-Etienne.

Lorsque M. Werth prit la direction de nos usines, il quittait celle de l'usine d'Imphy où ses travaux venaient de mettre en évidence la curieuse propriété des aciers-nickel à teneur de 5 à 15 %, de s'adoucir et de devenir faciles à travailler sous l'action d'un simple recuit à une température assez basse, comprise, suivant les cas, entre la température du bois fumant et celle du bois flambant. A Denain, il continua cette série de recherches en s'attachant à l'étude du durcissement produit par le recuit à haute température et à celle, connexe, de l'influence d'un refroidissement plus ou moins lent, ou, au contraire, plus ou moins rapide, allant jusqu'à la trempe, sur les aciers-nickel ainsi durcis.

Or, et c'est ici le point spécial où je voulais arriver, tandis qu'à Charlottenbourg et à Saint-Etienne les aciers-nickel étudiés ont montré une sensibilité très grande à l'action du refroidissement rapide et un durcissement très marqué par la trempe, phénomène dont le maximum d'effet correspondrait aux teneurs de 6 à 7 % de nickel, et tellement manifeste que M. Babu conclut que *« les aciers au nickel sont beaucoup plus sensibles à l'action de la trempe que les aciers ordinaires à même teneur en carbone »*, les aciers de cette teneur, étudiés à Denain, se sont montrés presque complètement indifférents à l'action des refroidissements lents ou rapides qu'on leur faisait subir après le durcissement par recuit à haute température. La trempe même ne produisit qu'un effet à peine sensible sur les aciers tenant 5 à 9 % de nickel,

et au-delà de cette teneur l'effet était absolument nul et devenait même négatif à partir de 15 %.

Sur ce dernier point, toutefois, l'accord existe entre les expériences de M. Werth et celles que rapporte M. Babu, car il indique, lui aussi, une trempe négative au-delà de 16 % de nickel.

Je n'aurai pas la prétention d'esquisser la moindre théorie ni la plus minime explication de ces contradictions que je signale simplement à l'attention de plus savants et de plus compétents ; et quand je dis *contradictions*, j'ai sans doute tort, il faut probablement dire *différences*, différences qui tiennent peut-être à la présence, en quantités diverses dans les aciers étudiés de part et d'autre, des éléments accessoires tels que carbone, manganèse, chrome, dont les plus petites proportions suffisent pour influencer sur les propriétés des alliages complexes dans lesquels ils entrent, et la très juste observation faite hier par M. Le Chatelier sur les avantages qu'il y aurait à rendre plus comparables les études faites en divers endroits, trouve sans doute ici une immédiate application.

Maintenant, avant de terminer, je ne veux pas vous dissimuler, Messieurs, que le principal but de cette très courte communication a été de prononcer dans ce Congrès un nom omis hier parmi ceux des métallurgistes qui ont contribué à l'étude des aciers spéciaux.

Comme après la séance j'exprimais mes regrets à ce sujet à l'éminent savant qui nous présidait et que j'avais vu féliciter si chaleureusement et affectueusement, M. Werth, samedi dernier, à l'Exposition, M. Tschernoff me répondit avec une cordiale vivacité que c'était là un oubli qu'il fallait absolument réparer, m'indiquant ainsi comme un devoir à remplir le rappel que mon amitié me suggérait de faire dans ce Congrès, et que je viens donc de faire des travaux de M. Werth (*Applaudissements*).

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. le Professeur H. Le Chatelier :

M. H. LE CHATELIER. — J'ai à m'excuser de reprendre encore une fois la parole, mais voyant l'ordre du jour épuisé, il m'a semblé que je pourrais vous entretenir d'une question un peu spéciale relative aux recherches de métallurgie scientifique.

Ceux d'entre vous qui ont suivi de près les recherches faites dans ces dix dernières années sur la constitution des aciers ont pu être frappés de la disproportion existant entre les résultats obtenus et la somme des efforts que ces résultats ont demandée. Quand on parcourt les travaux de MM. Osmond, Arnold, Sauveur, Stead, etc., et que l'on envisage l'ensemble considérable des faits mis en lumière, il semble qu'il ne doit plus rester grand'chose à faire. Mais quand on vient à rapprocher ces différents travaux, on les voit, sur bien des points, en contradiction au moins apparente, sinon réelle.

C'est que chacun travaille pour son compte, sur des échantillons spéciaux, en n'envisageant que tel point de vue particulier à sa convenance, sans se préoccuper de ce que fait son voisin. Il en résulte que les résultats obtenus ne peuvent pas s'ajouter les uns aux autres, se raccorder entre eux. Leur interprétation présente beaucoup d'arbitraire, c'est là la raison d'être des divergences si nombreuses qui existent encore sur les phénomènes les plus simples comme celui de la recalcence. N'y aurait-il pas moyen, par une organisation générale et internationale de ces études, d'en augmenter notablement le rendement ?

Il n'y a évidemment pas d'organisation possible pour la découverte d'un phénomène dont on ne connaît rien. Cela est au contraire possible pour préciser les détails

d'un fait reconnu dans son ensemble. Prenons un exemple. Malgré les centaines d'expériences faites sur la recalescence, on ignore encore la température précise à laquelle se produit ce phénomène. C'est que les expériences ayant porté sur des échantillons différents, on peut supposer que les divergences tiennent à la nature différente des échantillons étudiés. Un certain nombre d'expérimentateurs étudiant au contraire le même échantillon de métal, seraient conduits à varier leurs expériences jusqu'à ce que les divergences entre les résultats aient disparu.

La question que je soulève est donc la suivante : N'y aurait-il pas lieu, dans l'état actuel de la science métallurgique, aujourd'hui que les principaux problèmes sont bien nettement posés, d'étudier pour l'achèvement de ces recherches une organisation qui permette de tirer un meilleur parti de tous les efforts dépensés aujourd'hui d'une façon isolée ? En voyant la somme énorme de travaux faits pour arriver à une connaissance imparfaite des relations du fer et du carbone, on peut craindre que la connaissance des alliages plus complexes du fer et du carbone avec le chrome, le nickel, le tungstène, etc., exige un temps démesurément long.

Ne pourrait-on pas constituer une sorte de comité international composé des personnes qui ont le plus contribué au progrès de la métallurgie scientifique dont le rôle consisterait :

1° A dresser un programme des recherches les plus importantes à entreprendre ;

2° A faire préparer dans les usines de bonne volonté quelques centaines de kilogs de différents métaux qui seraient mis à la disposition des expérimentateurs de bonne volonté.

On arriverait ainsi à faire étudier les différentes propriétés physiques, mécaniques et chimiques des métaux sur des échantillons identiques, ce qui permettrait des rapprochements aujourd'hui impossibles (*Applaudissements*).

M. le PRÉSIDENT. — Aux Etats-Unis, nous avons organisé un comité analogue, composé d'environ 12 métallurgistes et savants qui se proposent justement de faire cette série d'essais. Chacun prendra une méthode d'essai différente pour des échantillons semblables, de façon à étudier un grand nombre de propriétés sur un même métal préparé en quantité suffisante. J'espère que nous pourrons compter sur la collaboration de M. Le Chatelier (*Applaudissements*).

M. le PRÉSIDENT. — La parole est à M. Huth pour nous faire une communication sur un mode de coulée de l'acier permettant d'en faire varier la dureté.

M. HUTH fait sa communication en allemand.

M. DUTREUX, s'excusant de n'avoir pas eu assez de temps pour étudier plus à fond le mémoire de M. Huth, en présente le résumé suivant :

De tout temps on a employé la coulée en coquille pour obtenir le durcissement de la fonte. M. Huth a cherché à réaliser de même le durcissement de l'acier par une méthode spéciale de coulée. La coulée en coquille ne pouvait pour l'acier donner le résultat cherché, puisqu'il n'y a pas, avec ce métal, de carbone qu'il faille maintenir en dissolution dans la masse pour empêcher sa précipitation sous forme de carbone.

Dans les méthodes ordinaires de coulée, le jet d'acier pénètre dans la masse fluide et y entraîne de

l'air qui doit ensuite se dégager plus ou moins complètement.

M. Huth cherche à réaliser en coulant un paraboloïde de révolution et à obtenir qu'il se dépose et se fige en couches concentriques de métal ; de la sorte, l'air n'étant plus emprisonné dans la masse, on obtient une homogénéité beaucoup plus grande. Henry Bessemer avait déjà eu cette idée, mais il avait eu le tort de recourir à des vitesses beaucoup trop grandes.

M. Huth n'a pas appliqué cette méthode seulement aux solides de révolution. Il est arrivé ainsi dans des *roues dentées* à obtenir des dents en métal durci. Il a obtenu par cette méthode des *hélices* dont l'extrémité des bras est exempte de porosité et est au contraire parfaitement homogène. Il a pu couler des *sabots de pilons* pour batteries de pilons à minerais, dont l'enveloppe externe est exceptionnellement dure ; et aussi des *vis d'Archimède* dont le bord extrême de la nappe de révolution est dur et homogène. C'est aussi par ce même mode de coulée qu'on a pu réaliser des boulets de machines à enveloppe dure.

M. HUTH dépose sur le bureau un échantillon de métal coulé suivant son procédé et des photographies de ce même échantillon.

M. le PRÉSIDENT. — La parole est à M. Tschernoff.

M. TSCHERNOFF. — Messieurs, je ne suis pas préparé à vous faire une longue communication ; je voudrais simplement exprimer en quelques mots ma manière de voir sur l'influence des différents éléments qui, s'unissant avec le fer, modifient ses propriétés magnétiques.

Nous avons entendu des communications intéressantes sur les différents changements des propriétés

magnétiques des aciers carburés, nickelés, etc., aux différentes températures. M. Le Chatelier a dit avec raison que beaucoup d'expériences étaient déjà accumulées, mais qu'il était difficile de les orienter et d'en tirer des résultats d'ensemble.

Les phénomènes magnétiques sont, n'est-il pas vrai, de même nature que les phénomènes calorifiques et électriques : c'est le résultat d'oscillations des molécules.

Je parle d'oscillations des molécules ; ce n'est peut-être pas exact, et peut-être devons-nous parler aussi des oscillations des atomes dans les molécules. Mais supposons qu'il y ait oscillations des molécules. Si nous envisageons les propriétés magnétiques du fer, nous voyons que ces propriétés changent beaucoup par la combinaison du fer avec le carbone ; eh bien, ce n'est pas seulement le carbone qui change de façon si différente les propriétés magnétiques du fer, mais aussi l'oxygène, et je crois qu'on peut dire que l'oxygène a presque la même influence que le carbone dans le phénomène. Prenons les oxydes de fer. Il y a parmi eux des combinaisons qui ne sont presque pas magnétiques ; il y en a où l'oxyde métallique subit l'influence du magnétisme presque comme le fer ; nous en avons aussi une (je ne sais pas quelle est sa composition exacte), qui se rencontre dans la nature (aimants naturels), qui possède un magnétisme permanent aussi considérable que les aciers trempés, magnétisés jusqu'à la saturation ; vous voyez donc que ce n'est pas au carbone seul qu'on peut attribuer la force changeant les propriétés magnétiques du fer.

Quelles conclusions peut-on tirer de cette comparaison de l'influence, d'un côté du carbone, de l'autre de l'oxygène ? Je crois qu'on peut dire que ce n'est pas la nature de l'élément combiné au fer,

mais bien l'orientation des atomes de fer dans les molécules suivant les directions plus ou moins favorables pour les oscillations magnétiques; les molécules même composées de fer et d'oxygène, ou de fer et de carbone, peuvent probablement se trouver dans des directions plus ou moins favorables pour prendre les oscillations magnétiques.

Supposons pour un moment que les trois éléments : la situation des molécules les unes par rapport aux autres, la tension des forces intermoléculaires (variable avec la distance) et la masse des molécules du fer soient tels que les oscillations magnétiques puissent se développer avec une intensité complète.

De la réunion de ces trois éléments dépend essentiellement le synchronisme plus ou moins complet (simple, aliquote, quinte, tierce, etc.) des oscillations des molécules du corps donné avec les oscillations magnétiques, c'est-à-dire la plus ou moins grande sensibilité à l'influence magnétisante, comme par exemple, en cas des pendules synchroniques, ou cordes consonnantes. Evidemment, en changeant ou modifiant ces trois éléments par l'introduction de corps étrangers ou par échauffement et refroidissement, nous arrivons à faire varier les propriétés magnétiques du corps donné. Si un corps étranger, ayant un volume atomique plus grand ou plus petit que le fer, influe sur la masse des molécules ou leur distance mutuelle, il sera possible d'agir par changement de température et de reconstituer ainsi le synchronisme magnétique, etc.

Je n'ai pas fait d'expériences avec des aimants naturels; je ne sais pas si leur magnétisme ne va pas s'affaiblissant quand on les chauffe, quoique cela soit très intéressant.

J'ai fait, il y a 25 ans, un essai pour éprouver l'influence du magnétisme sur la fonte à l'état liquide.

J'ai pris un solénoïde et j'y ai mis à l'intérieur une petite lingotière ; pendant la coulée, le jet de fonte blanche a donc été soumis aux influences électromagnétiques. Quand tout a été refroidi, j'ai pris le petit lingot à l'intérieur, les parois de ce lingot étaient aussi minces que du papier et il restait sensiblement magnétique. J'ai communiqué ces faits avec des dessins à mon très regretté ami, M. W. Anderson, de Londres, qui en a parlé à M. C. W. Siemens. Celui-ci s'est intéressé aussi à cet essai et en a fait l'objet d'une communication à la Société des ingénieurs électriciens de Londres. Une petite note a été imprimée dans le *Journal of the society of telegraph Engineers*, vol. VIII, 1879, page 148.

La séance est levée à 3 h. 3/4.

4^e SÉANCE*Vendredi 22 Juin 1900.***L'ALUMINIUM ET LES PRODUITS NOUVEAUX
OBTENUS
PAR LE MOYEN DE L'ELECTRICITÉ**

Président : M. DOUGLAS.

Assisté de : M. G. ROLLAND.

Secrétaires : MM. DELU et DURASSIER.

La séance est ouverte à 2 heures 1/4.

Le PRÉSIDENT tient, en ouvrant la séance, à exprimer tout le plaisir qu'il a du grand honneur qui lui a été conféré en l'appelant à présider cette séance. Comme Américain et comme représentant du Gouvernement américain à ce Congrès, il désire dire quelques mots des efforts qu'on fait en Amérique pour développer les méthodes nouvellement inventées.

Nous avons, dit-il, à notre actif, les immenses productions ; nous sommes, à ce point de vue, passés maîtres ; mais nous le devons à ceux qui ont inventé les procédés dont nous, en Amérique, nous nous servons pour notre production. Tandis que nous appliquons les inventions, c'est vous, ici en Europe, qui avez le mérite de ces inventions. Aujourd'hui, par exemple, nous avons à notre ordre du jour un rapport sur l'aluminium. Or, c'est Sainte-Claire-Deville qui a, le premier, séparé l'aluminium. Dans la métallurgie

de l'acier, on doit tout à l'Europe. Le procédé Bessemer nous est venu de ce côté de l'Atlantique. Les procédés Siemens et Martin, nous les devons également à l'Europe.

Ainsi les grandes inventions ont pris jour en Europe. Quant à nous, en Amérique, nous nous en servons pour obtenir des résultats pratiques sur des quantités énormes, qui vous sont inconnues. Cet honneur nous revient. Mais le plus grand honneur est dû à vous, les Européens, qui avez été les inventeurs.

Moi-même, je ne m'occupe pas de la métallurgie de l'aluminium, mais bien de celle du cuivre. Eh bien, nous devons à la France l'invention qui a fait faire en Amérique les plus grands progrès à la métallurgie du cuivre : je veux parler de l'invention de Manhès de Lyon. Pendant 20 ans les métallurgistes avaient essayé d'appliquer le procédé Bessemer à la métallurgie du cuivre ; mais vers la fin de l'opération, on se heurtait toujours à cette difficulté que le cuivre métallique se refroidissait dans la poche. Manhès a surmonté cette difficulté et c'est grâce à ses découvertes que nous pouvons produire aujourd'hui, en Amérique, du cuivre à très bas prix et en quantité supérieure à la moitié de la consommation totale du monde entier. Avec la découverte de Manhès, les Américains font de 3 à 4 millions de livres de cuivre par année. C'est une invention pour laquelle nous vous devons nos plus chaleureux remerciements. Nous vous devons de ce chef une dette immense et c'est un grand plaisir pour moi d'avoir cette occasion de vous remercier, et comme représentant des métallurgistes américains et en mon nom personnel, pour l'invention que nous avons reçue de vous. (*Applaudissements.*)

Peut-être quelqu'un aura-t-il quelque communication à faire à propos des applications de l'électricité,

à l'occasion de ce rapport sur l'aluminium dont nous allons nous occuper maintenant. Si notre ordre du jour le permet, j'aurai beaucoup de plaisir à faire quelques remarques, à la fin de la séance, sur l'étendue des applications de l'électricité à la métallurgie du cuivre aux Etats-Unis.

M. le PRÉSIDENT regrette que M. Hérault n'ait pu venir lui-même exposer la question de la métallurgie de l'aluminium à bon marché (1). Il donne la parole à M. Durassier, secrétaire de la séance, qui s'est chargé de présenter l'analyse de ce rapport.

A propos de la communication de M. Hérault, M. MAUSSIER rappelle des recherches qu'il a faites, vers 1860, en vue de retirer la silice des scories de forge et des laitiers, en se basant sur les propriétés du fluor, et un brevet qu'il a pris en 1872, à propos de l'action de fluorures sur des scories de forge en présence de charbon sur la sole d'un four à puddler.

Il parle ensuite de brevets pris par lui, en 1884 et 1890, pour un procédé de préparation de l'aluminium, en creusé brasqué, par fusion d'un mélange de bauxite, de carbonate de soude et de spath fluor, avec adjonction finale soit d'antimoine, soit de ferromanganèse, agissant comme dissolvant de l'aluminium produit.

M. LODIN exprime à son tour la pensée qu'il pourra être un jour possible de réduire l'aluminium par le carbone ; mais que pour cela, il faut une température supérieure à celle pratiquement réalisable.

(1) Voir le rapport de M. Hérault : *Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale*, 3^e série, tome XIV, 4^e livraison, 2^e partie, page 1737.

Il rappelle des expériences de laboratoire dans lesquelles, en chauffant un mélange de cryolithe et de cuivre dans un creuset de charbon, il a cherché à faire absorber l'aluminium directement au fur et à mesure de la production par du cuivre. Il n'a obtenu que des résultats très peu précis, mais croit que si au lieu d'opérer à 1.500 et 1.600° on pouvait arriver à opérer vers 1.800 à 2.000°, la réduction serait plus complète ; mais cette température n'est guère réalisable qu'au moyen de l'arc électrique.

Personne ne demandant plus la parole sur la question de l'aluminium, le Président donne la parole à M. Paul JANNETAZ, répétiteur à l'Ecole Centrale, sur

La bessemerisation des mattes cuivreuses.

M. JANNETAZ dit que M. DOUGLAS, président d'honneur du Congrès, a exprimé le désir de voir la métallurgie du cuivre inscrite à l'ordre du jour des séances du Congrès, et qu'il a, par une attention délicate, cité comme une des inventions que les ingénieurs des Etats-Unis appliquent sur une grande échelle, l'invention française du convertisseur pour cuivre.

C'est pour répondre à ce désir, et présenter quelques observations sur ce sujet, qu'est faite la présente communication.

L'appareil qu'avait créé le génie de Bessemer devait tenter les métallurgistes s'occupant du cuivre, car il était naturel de chercher à appliquer le convertisseur aux mattes cuivreuses, dont le traitement consiste en une suite d'opérations oxydantes. Aussi de nombreux ingénieurs étudièrent cette application, et en 1877-1878, Hollway, en Angleterre, arriva à transformer la matte bronze en matte blanche, mais il ne put aller plus loin.

La question fut reprise par M. Manhès, dans la fonderie qu'il possédait à Vedènes (Vaucluse) ; l'ingénieur de l'usine était M. Paul David. Le résultat fut d'abord cherché dans l'addition au bain fondu de matières dont la combustion pouvait dégager de grandes quantités de chaleur et M. Manhès prit un brevet à ce sujet ; mais cette addition n'évitait pas, une fois la matte blanche formée, les projections de scories hors de l'appareil, et n'empêchait pas, pendant la transformation de la matte blanche en cuivre, ce dernier de venir, au fur et à mesure qu'il se produisait, former un bain au-dessus des tuyères, dont le vent froid le ramenait à l'état solide et par suite ne pouvait bientôt plus se répandre dans la masse.

Quelque temps après (1880), M. Paul David résolut le problème en recourant à l'emploi de tuyères horizontales, placées un peu au-dessus du fond du convertisseur, de telle sorte que le cuivre puisse se réunir au-dessous d'elle et que le vent souffle constamment dans la matte.

Ce procédé a été décrit pour la première fois par un ingénieur illustre, qui pendant toute sa carrière a suivi, au milieu de leur développement et d'une façon si heureuse pour elles, les industries minière et métallurgique. Louis Gruner, à l'œuvre duquel nous sommes heureux de rendre ici un hommage d'admiration, avait, en effet, suivi avec le plus grand intérêt les essais qui se faisaient à Vedènes et préparé sur cette question un travail que la mort vint interrompre ; mais son fils, M. Edouard Gruner, le Secrétaire général de ce Congrès, fit paraître cette étude dans les *Annales des Mines* (1883).

Le convertisseur à tuyères latérales exigeait pour le traitement des mattes à teneur faible et surtout à teneur variable, deux opérations successives.

C'est pour permettre d'obtenir en une seule fois le cuivre de mattes ayant une teneur quelconque, au-dessus de 15 %, qu'a été réalisé l'appareil connu sous le nom de convertisseur cylindrique David et Manhès (1883). Grâce à sa forme cylindrique et à la disposition de ses tuyères, suivant une génératrice du cylindre, il est facile, en faisant tourner l'appareil autour de son axe horizontal, de faire varier la hauteur des tuyères par rapport au niveau de la matte et de souffler constamment du vent dans celle-ci.

Aussi cette disposition a-t-elle été reproduite, comme l'avait été la première, dans divers convertisseurs employés en Amérique. La section de certains d'entre eux est rectangulaire, avec tuyères sur les quatre parois, de telle sorte qu'ils se rapprochent du convertisseur primitif à tuyères latérales ; mais la plupart du temps, on utilise seulement les tuyères d'une seule paroi ; on a donc, comme dans le convertisseur cylindrique, une ligne de tuyères qu'on peut élever ou abaisser. La forme rectangulaire n'est d'ailleurs pas rationnelle ; aussi elle est de moins en moins employée.

Ce qu'il y a de remarquable dans les convertisseurs américains, c'est leur grande dimension et leur manœuvre mécanique, et par suite leur forte production. Il y a bien là, comme l'a dit M. Douglas, un exemple de l'activité sagace avec laquelle les inventions pratiques sont mises en œuvre aux Etats-Unis.

Au point de vue de l'invention des appareils permettant d'appliquer le procédé pneumatique aux mattes cuivreuses, on voit, par ce qui précède, qu'il y a lieu d'associer au nom de M. Manhès le nom de M. Paul David.

Le procédé du convertisseur a, sur la méthode galloise, un avantage indiscutable, c'est la rapidité des opérations ; mais à un autre point de vue, il lui est inférieur. Si, en effet, la haute température qui se produit pendant les réactions des matières contenues dans l'appareil permet l'entraînement d'une partie des impuretés sous forme de composés volatils, une autre partie reste dans la matte. Or, on sait que, pour des minerais complexes, la méthode galloise présente une variante : le *selecting process*, qui consiste dans la formation d'un fond cuivreux ou *bottom* où, avec le cuivre produit au commencement de l'opération, viennent se rassembler les métaux étrangers en partie et l'or en totalité. On obtient donc, d'un côté une petite masse de cuivre très impure et aurifère, et de l'autre côté une grande masse de cuivre débarrassée de tout l'or et d'une partie des impuretés primitivement contenues.

C'est là un avantage particulièrement important, lorsqu'on veut du cuivre électrolytique dont l'obtention est rendue si difficile par certaines impuretés.

Comment faire subir au cuivre du convertisseur une épuration préalable ?

Tel est le problème qui s'est posé, il y a quelques années, aux usines d'Eguilles, appartenant à la Société des cuivres de France et dirigées alors par M. Paul David (1).

Celui-ci a résolu le problème au moyen du convertisseur, en pratiquant dans l'appareil lui-même le *selecting process* ; il a, pour cela, repris d'une façon

(1) Ces usines sont actuellement les seules en France qui pratiquent couramment la métallurgie complète du cuivre et fondent les minerais. Elles sont situées dans le département de Vaucluse, tout près des anciennes usines de Vedènes, dont il a été question plus haut.

complète la question du traitement des mattes par le procédé pneumatique et trouvé le moyen de faire le soufflage du vent par le fond de l'appareil et à travers tout le bain.

Le but que permet d'atteindre cet appareil lui a fait donner le nom de *sélecteur*.

Le sélecteur Paul David a été présenté par son inventeur aux membres du Congrès, dans les différentes visites qu'ils ont faites à l'Exposition ; il n'y a donc pas lieu d'insister ici sur les détails de cet appareil remarquable, nous en rappellerons seulement les caractéristiques (1) :

L'appareil est sphérique ; cette forme s'accommode avec tous les dispositifs qui vont être indiqués plus loin ; elle a en outre l'avantage de permettre la réfection facile du garnissage et une usure régulière de celui-ci, ce qui est particulièrement important, puisque la silice nécessaire à la scorification du fer est prise au garnissage ;

L'axe de rotation est incliné sur l'horizontale, afin que la bouche de l'appareil reste toujours en dehors du bâti et ne laisse pas déverser sur lui de matière fondue ;

Les tuyères sont placées au fond de l'appareil suivant les génératrices d'un hyperboloïde, de telle sorte que le vent traverse toute la masse et lui donne un mouvement de giration produisant un brassage énergique ; elle est ainsi maintenue à haute température ; l'opération est plus rapide qu'avec les appareils à tuyères latérales, et la main-d'œuvre pour empêcher les tuyères de s'engorger, beaucoup moins importante ;

(1) Nous publierons prochainement dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France* une étude assez étendue sur cette question.

Sur la sphère est une petite poche latérale où l'on peut, par un mouvement de rotation convenable, rassembler le *bottom* produit après un premier soufflage dans la matte blanche ; en débouchant un trou de coulée, on soutire ce *bottom*.

En résumé, cet appareil présente comme avantage par rapport aux anciens convertisseurs : d'un côté de produire dans un temps plus court une même quantité de cuivre, et par suite d'abaisser le prix de revient ; et de l'autre côté de faire la sélection du métal en deux parties dont l'une est épurée et l'autre contient tout l'or de la matte.

M. le PRÉSIDENT. — Nous avons eu connaissance, en Amérique, du sélecteur David, qui est encore récent. Sans doute, il a des avantages, mais autrefois il aurait eu plus de succès qu'aujourd'hui. Le procédé de raffinage par l'électricité est devenu si bon marché qu'il y a peu de cuivre qui n'y soit soumis. Dans les grands établissements des Etats-Unis, on extrait du cuivre brut tout ce qu'il contient d'argent et d'or pour moins de 1 cent par livre. Le cuivre électrolysé vaut au moins 1/2 cent de plus que le cuivre raffiné par la méthode ordinaire ; en sorte que si le cuivre contient 10 cents d'or et d'argent, il y a grand avantage à appliquer la méthode électrolytique. Or, presque tout le cuivre que nous avons en Amérique et presque tout le cuivre du monde contient au moins 10 cents d'or et d'argent par tonne de cuivre pur. Tout notre cuivre étant raffiné par la méthode électrolytique, nous n'avons pas lieu d'employer l'appareil David. J'ai vu dans une exposition de cuivre environ 8 cents d'or et d'argent extraits de chaque tonne de minerai. Mais quand il est bien concentré dans le cuivre brut, nous avons jusqu'à 12 cents d'argent et 4 ou 5 cents d'or.

C'est peu de chose, mais cela vaut au moins 1/2 cent par livre. Nous préférons donc séparer cette quantité d'argent et d'or qui est très pure. Ce n'est que depuis quelques années que les procédés électrolytiques sont devenus à ce point bon marché qu'on a pu faire profitablement cette séparation.

Maintenant, presque tout l'or des minerais est extrait. La production des mines de Montana est d'environ 10 millions d'onces qui étaient perdues autrefois, soit 400.000 francs en valeur d'or. C'est une des raisons pour lesquelles l'argent continue à être bon marché ; la plus petite quantité de métaux précieux qui autrefois était perdue est maintenant sauvée.

M. Paul DAVID, ingénieur-conseil de la Société des Cuivres de France, ancien directeur des Usines d'Eguilles, demande la parole et s'exprime ainsi :

Je viens d'arriver il n'y a qu'un instant à la séance. Je ne m'attendais pas à y entendre parler du sélecteur et encore moins à prendre la parole devant ce Congrès composé des hommes les plus illustres dans la science et la métallurgie, venus de toutes les parties du monde, aussi je vous demande toute votre indulgence, n'étant pas orateur mais simplement homme d'usine et de laboratoire. C'est encouragé par les paroles de notre Président que je vais, moi, l'humble auteur du sélecteur, vous présenter les observations suivantes.

Je remercie, tout d'abord, notre distingué collègue, M. Jannettaz, de la communication qu'il vient de faire avec tant de clarté ; si tous nous sommes heureux d'avoir entendu sa voix autorisée, je lui dois, moi, personnellement, des remerciements pour les paroles bienveillantes qu'il a ajoutées à mon adresse.

Messieurs, non seulement le sélecteur est utile

malgré l'application du traitement électrolytique, mais encore il devient l'outil indispensable pour préparer les cuivres destinés à ce traitement, et vous allez en saisir facilement les raisons.

Nous en parlerons en connaissance de cause, puisque la Société des Cuivres de France possède un important atelier d'électrolyse dans ses usines d'Eguilles et que c'est pendant que j'étais directeur de ces usines que j'ai été amené à créer le sélecteur, en grande partie en vue de faciliter le traitement électrolytique.

Tous les minerais de cuivre, sans exception, peuvent être classés dans les trois catégories générales suivantes :

1° Les minerais qui sont impurs, c'est-à-dire renferment de l'antimoine, du nickel, etc., et contiennent en outre des métaux précieux : argent, or, platine, etc. Ce sont les plus nombreux ;

2° Ceux qui sont purs mais renferment de l'or, du platine. Ils sont assez nombreux ;

3° Ceux enfin qui sont purs et ne renferment pas de métaux précieux ou seulement de l'argent. C'est la catégorie la moins nombreuse.

Nous allons voir que malgré cette différence de composition c'est au sélecteur qu'il faut avoir recours pour arriver au traitement le plus rationnel et en même temps le plus économique.

1° Dans ce premier cas, il est indispensable de faire la sélection pour deux motifs : afin d'avoir le traitement électrolytique le plus économique et pour réaliser l'or dans le temps le plus court possible.

En effet, le sélecteur permettra de séparer le cuivre produit en deux portions de poids très inégaux. La première partie, représentant 5 à 10 % du poids total,

renfermera tout l'or, tout le platine et les métaux précieux de sa famille, plus une partie de l'argent et en même temps toutes les impuretés : antimoine, nickel, bismuth, etc., qui sont les ennemis de la bonne marche de l'électrolyse en souillant promptement les bains et le cuivre déposé à la cathode. La seconde partie représentant 90 à 95 % du poids total, ne contiendra que du cuivre pur avec la majeure partie de l'argent.

On traitera ces deux parties par l'électrolyse, mais dans des cuves et des bains séparés. La grande partie, qui représente près de 95 % de la totalité du poids, étant du cuivre pur, argentifère, passera dans l'électrolyse sans détériorer les bains et donnera des cathodes de cuivre de très haute conductibilité, de 100 à 105, l'opération marchera vite et la résistance sera réduite au minimum.

Tandis que la petite partie, constituant le fond cuivreux ou bottom, sera mise à l'électrolyse dans des cuves à part, avec une plus grande densité de courant électrique, de façon à être dissoute très vite et à récupérer ainsi l'or et les métaux précieux dans un temps extrêmement court.

2° Pour les minerais purs, mais renfermant seulement des traces d'or, lesquels sont plus nombreux qu'on ne l'imagine, parce que la quantité d'or est si faible qu'on ne s'en occupe souvent pas, leur cuivre est livré au commerce pour être laminé, étiré ou employé à faire des alliages : bronzes, laitons, et leur or est ainsi perdu, ce qui est grand dommage. Tandis que, en employant le sélecteur au lieu du reverbère ou du convertisseur simple, on aurait, avec un prix de revient plus bas du cuivre, un bénéfice très appréciable sur l'or qu'on retirerait. Supposons, par exemple, un minerai de cuivre à 10 % et ne renfermant qu'un dixième de gramme d'or à la tonne, soit une valeur de

34 centimes par tonne, c'est une valeur de beaucoup inférieure à toutes les limites les plus basses des traitements connus, et pourtant nous allons voir que grâce au sélecteur l'extraction de ce dixième de gramme d'or d'un minerai de cuivre de cette teneur est facile et avantageuse.

En effet, le cuivre obtenu d'un tel minerai renfermera, le calcul en est facile à faire, pour 100 kilogs de cuivre obtenu, un gramme d'or, soit dix grammes d'or à la tonne de cuivre, c'est donc une valeur de 34 francs, mais comme le traitement électrolytique le plus économique, celui pratiqué dans les immenses usines d'Amérique, revient au minimum à 50 francs par tonne de cuivre électrolysé, on voit que ce ne serait pas une opération avantageuse. Il convient ici de faire remarquer qu'on ne peut guère songer à se rattraper sur la plus-value du cuivre électrolytique produit, car si cette plus-value a existé, très grande même dans le commencement, parce qu'on trouvait peu de cuivre de haute conductibilité sur le marché pour satisfaire à la demande des emplois pour lesquels cette conductibilité est si importante, il en est tout autrement aujourd'hui que le cuivre électrolytique est devenu si abondant qu'il est plus offert que demandé, parce que, pour plus de la moitié des usages du cuivre, les hautes conductibilités n'ont pas d'intérêt.

Donc, on n'a pas d'avantages à électrolyser du cuivre renfermant dix grammes d'or, mais au contraire, si on obtient ce cuivre par le sélecteur, on séparera par exemple les 10 premiers kilogs de cuivre réduit, ce petit fond cuivreux contiendra tout l'or, soit 10 grammes. On aura ainsi du cuivre à électrolyser renfermant un kilogramme d'or par tonne, on retirera donc une valeur de 3 400 francs pour ces mêmes frais de traitement de 50 francs. Par conséquent, on réalisera au

lieu d'une perte un énorme bénéfice, grâce à l'emploi du sélecteur.

3° Examinons enfin le troisième cas, c'est-à-dire celui des minerais de cuivre exempts de toute impureté, renfermant de l'argent, ou même n'en contenant pas.

Vous me direz de suite, Messieurs, « puisque l'argent ne se réduit pas beaucoup plus vite que le cuivre, il nous paraît évident que la sélection ne présente plus aucune utilité ; quand il y aura de l'argent dans le minerai, tout le cuivre devra passer par l'électrolyse si la quantité d'argent est suffisante pour laisser un bénéfice après prélèvement des frais électrolytiques ; et, s'il n'y a pas d'argent, on livrera directement au commerce le cuivre produit ».

Je suis, Messieurs, absolument de votre avis, dans ce troisième cas, la *sélection* est inutile, mais il en est tout autrement du *sélecteur*, parce que le *sélecteur* est aussi le convertisseur par excellence.

En effet, en créant cet appareil, nous avons cherché à concentrer en lui tous les avantages, tous les desiderata, tant au point de vue mécanique que métallurgique. Il a hérité des observations de notre longue expérience de nos premiers convertisseurs.

J'ai modifié : 1° Sa *forme* pour que son garnissage durât plus longtemps ;

2° L'inclinaison de son axe, pour préserver ses organes des projections corrosives ;

3° Sa manœuvre, pour éviter des brûlures aux ouvriers ;

4° Son roulement, pour diminuer la fatigue des hommes ;

5° La position des tuyères, pour augmenter la rapidité des opérations ;

6° L'inclinaison de ces tuyères, afin d'éviter qu'on fût obligé de les déboucher en marche, de façon à en faire un convertisseur aussi parfait que possible.

Il en résulte que dans le cas rare de minerais ne renfermant aucune impureté, il sera employé comme simple convertisseur de préférence à tout autre, car, à cause de ses avantages spécifiques il arrive à réaliser sur ses devanciers une économie de 20 à 25 francs par tonne de cuivre. Je puis dire cela sans être accusé de critiquer personne puisque je suis aussi le père de ces devanciers, mais, grâce à Dieu, on fait des progrès en travaillant.

Je m'arrête, Messieurs, avec l'espoir de vous avoir démontré que non seulement le sélecteur est utile pour tous les minerais de cuivre à quelque catégorie qu'ils appartiennent, mais encore qu'il s'impose d'une façon générale car il permet de produire bon, vite et économiquement.

Telles sont, Monsieur le Président, les observations que je suis heureux d'avoir pu présenter au Congrès.

M. le PRÉSIDENT se prononce très nettement pour le convertisseur horizontal; il n'a en effet jamais pensé qu'il fût raisonnable de faire passer l'air à travers la masse de cuivre qui est déjà réduite; il a toujours préféré le convertisseur horizontal, parce que l'air ne passe jamais qu'au travers de la masse à réduire et n'agit pas sur le cuivre produit; on peut ainsi convertir le cuivre avec la moitié de la pression qu'exigerait le convertisseur vertical. Enfin, le convertisseur horizontal ne met pas plus de temps que le vertical à achever l'opération.

M. DAVID. — Vous trouverez des explications sur ce point dans les ouvrages de métallurgie, notamment

dans ceux de MM. Gruner et Berthier. Quand on souffle dans le cuivre fondu il s'oxyde; l'oxyde et le sulfure de cuivre forment de l'acide sulfureux; la réaction est double. Aussi, avec le sélecteur, dans lequel on maintient toute la masse en fusion, l'opération est bien plus rapide. Je ne parlerai pas de mon premier appareil, celui actuel en est le perfectionnement.

M. le PRÉSIDENT. — Sans doute, avec le sélecteur David, le garnissage dure bien plus longtemps, parce que dans le convertisseur ordinaire le vent passe toujours à la même place et sur ce point le garnissage s'use vivement; dans l'autre cas, il y a mouvement rotatif. Mais je ne veux pas prendre parti contre un système ou l'autre. En Amérique, on se sert généralement de minerai pour le garnissage: on obtient facilement du Mexique des minerais d'or et d'argent. Chez nous, dans l'Arizona, nous choisissons du minerai ayant de 50 à 60 % de silice et 20 ou 24 % d'alumine. Cela forme une matière assez plastique qui contient généralement 8 ou 9 % de cuivre. De cette manière, on peut réduire le cuivre du minerai sans grande perte.

Chacun de mes convertisseurs consomme environ 3 tonnes de minerai de cuivre par mois.

M. DAVID. — Nous avons pratiqué ce procédé souvent quand nous avons un minerai trop pauvre ou trop siliceux. Nous le jetions dans le convertisseur pendant l'opération même. C'est ce minerai qui fournit la silice au fer pour passer à l'état de silicate; le cuivre se trouve ramené dans le bain. C'est là, en effet, une très bonne précaution.

M. LODIN. — Malheureusement, on ne peut pas employer ce procédé partout, notamment en France.

M. le PRÉSIDENT. — Certainement. En résumé, je crois qu'il y a des cas où l'ancien convertisseur est préférable.

M. DAVID. — Vous traitez peut-être une grande quantité de minerai à la fois.

M. le PRÉSIDENT. — Oui, on emploie en Amérique des convertisseurs ayant la même capacité que les convertisseurs pour aciers, ayant jusqu'à 15 tonnes. Les nôtres sont de 5 et 7 tonnes.

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. CLERC pour présenter une

Note sur la métallurgie aluminothermique.

Par M. CLERC, ingénieur.

Le très intéressant travail de M. Babu, ingénieur au Corps des Mines, professeur de métallurgie à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, sur la fabrication et le travail des aciers spéciaux, a attiré l'attention du Congrès sur la question des alliages métalliques à base de fer et de leurs qualités, et a montré leur importance toujours croissante pour la métallurgie, à qui l'on demande sans cesse de produire des métaux nouveaux doués de qualités de plus en plus difficiles à obtenir et bien différentes de celles que peut donner l'acier au carbone.

Les essais et les travaux des chimistes et des métallurgistes, pour déterminer l'influence de divers métaux alliés au fer, ont été entrepris depuis bien longtemps ; mais les résultats quelque peu précis de cette étude sont relativement récents et n'ont pu atteindre un grand degré de précision qu'au fur et à mesure que les chimistes et les métallurgistes ont eu à leur disposi-

tion les moyens pratiques de produire les températures nécessaires pour opérer sur de grandes masses de matières, et d'obtenir à l'état fondu les métalloïdes et les métaux, dont on recherchait les quantités en les alliant au fer.

Une sérieuse difficulté restait à vaincre : celle d'étudier ces alliages sans la présence du carbone. Jusqu'à ces dernières années, en effet, il n'était généralement possible d'étudier que très imparfaitement et incomplètement les qualités données à l'acier par l'addition de tel ou tel métal ou métalloïde, et les qualités particulières des combinaisons possibles des métaux et du fer, ou plus généralement des métaux entre eux, parce que les produits permettant ces combinaisons de métaux, ou de métalloïdes et de métaux, renfermaient une proportion plus ou moins grande de carbone et que ce carbone se retrouvant dans l'acier ou l'alliage, masquait les qualités vraies données à la combinaison par le métal ou le métalloïde particulier que l'on étudiait.

C'est ainsi que les premiers aciers à haute teneur de manganèse obtenus par M. Hadfield n'étaient pas réellement un alliage *fer-manganèse*, mais un alliage *Fer-manganèse-carbone* à teneur croissante en carbone en même temps qu'en manganèse. De même les premiers aciers au chrome étaient un alliage *fer-chrome-carbone* et ainsi pour presque tous les alliages à base de fer.

Depuis longtemps les métallurgistes et les chimistes cherchaient le moyen d'aller plus avant dans la voie du progrès et de pouvoir étudier méthodiquement les véritables propriétés données à l'acier en dehors du carbone par l'addition de divers métaux pouvant se combiner au fer et aussi celles des alliages de ces métaux avec le fer ou entre eux. De très nombreuses tentatives ont été faites avec plus ou moins de succès ; c'est l'électri-

citée qui devait apporter la solution du problème et permettre d'entreprendre cette étude complète et précise des métaux, de leurs combinaisons et de leurs alliages.

Déjà le nickel obtenu pur a permis de déterminer les qualités qu'il peut donner ajouté à l'acier, ou allié au fer. Aujourd'hui, les résultats que nous trouvons à l'Exposition dans les vitrines des aciéries Holtzer de la Loire sur les aciers à hautes teneurs de chrome presque sans carbone, ou mieux les alliages de fer et de chrome à teneur croissante de chrome (de 5 à 30 % de chrome), nous montrent que le chrome n'est pas ce métal réfractaire extra dur, communiquant au fer et à l'acier une dureté excessive, mais sans élasticité. C'est le *carbure de chrome* qui a ces propriétés, mais non le chrome pur.

Les chiffres donnés aux essais à la traction de barettes de ces divers alliages sont assez intéressants pour être reproduits ici :

	Alliage à 5 % Cr.	Alliage à 10 % Cr.	Alliage à 15 % Cr.	Alliage à 20 % Cr.	Alliage à 25 % Cr.	Alliage à 30 % Cr.
--	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Analyse.

C.	0.37	0.60	0.45	0.38	0.45	0.49
Cr.	4.90	10.80	14.50	20.48	26.50	30.10

Eprouvette de traction découpée dans une barre forgée, recuite.

E.	28.0	36.0	40.0	33.4	46.1	48.2
A.	24.0%	21.5%	18.5%	21.5%	18.0%	19.0%
R.	50.0	66.1	71.4	56.8	66.4	65.5
s/S	0.24	0.44	0.50	0.46	0.62	0.62

Eprouvette trempée et recuite.

E.	76.0	66.8	76.8	43.4	43.4	50.5
A.	12.0%	12.0%	11.5%	19.5%	20.0%	18.0%
R.	86.9	85.5	91.5	63.4	63.7	67.9
s/S	0.37	0.54	0.55	0.51	0.50	0.64

Ces résultats n'ont pu être obtenus qu'avec du chrome pur, fondu et sans carbone. Il est donc du plus grand intérêt de savoir comment se fabrique ce chrome et de dire quelques mots des procédés électriques directs ou secondaires qui ouvrent cette nouvelle voie de recherches et d'étude aux chimistes et aux métallurgistes en mettant à leur disposition des métaux purs et sans carbone.

Je me bornerai aujourd'hui à parler de l'*alumino-thermie*, remettant à plus tard la question plus générale de la métallurgie électrothermique.

La question n'est pas absolument nouvelle et elle a été déjà traitée mieux et plus complètement que je ne saurais le faire, notamment cet hiver, dans des leçons de M. Camille Matignon au Collège de France. Elle a pourtant une trop grande importance pour les métallurgistes pour qu'il n'en soit rien dit à ce Congrès international de métallurgie qui réunit, à l'occasion de l'exposition universelle de Paris, les plus hautes notabilités de la chimie et de la métallurgie du monde entier.

L'aluminium, je le rappelle en quelques mots, a été obtenu pour la première fois par Wöhler, en 1817, et les chimistes, en étudiant les propriétés de ce nouveau métal, ne tardèrent pas à reconnaître que son affinité pour l'oxygène en fait l'un des éléments les plus réducteurs que nous connaissions et, par suite, une matière première très importante pour la métallurgie.

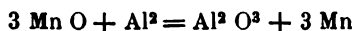
Wöhler, puis Henri Sainte-Claire-Deville et les frères Tessier, surtout après que l'aluminium eût été obtenu à l'état fondu et en assez grande quantité par Deville en 1854, reconnurent que la décomposition des oxydes par ce métal se produit avec une réaction si vive qu'il y a parfois explosion. Mais si ces savants et d'autres, tels que Beketoff, Troost, Mallet, Green et

Wahl de Philadelphie (1) avaient réussi à utiliser les propriétés thermiques qui accompagnent les réactions de l'aluminium sur les oxydes ou les sulfures pour obtenir des alliages, ou même des métaux purs, ces préparations étaient restées dans le domaine des laboratoires.

Dès le mois d'octobre 1894, M. Moissan, dont les travaux sur le four électrique sont bien connus, indiqua une nouvelle méthode de préparation des alliages d'aluminium. Il montra que la réaction de l'aluminium sur les oxydes était accompagnée d'une quantité de chaleur tellement grande que les oxydes les plus réfractaires étaient réduits, et fit ressortir que sa méthode de préparation, basée sur cette réaction, était susceptible d'entrer dans la pratique industrielle.

M. Moissan opérait en projetant sur un bain d'aluminium liquide un mélange de l'oxyde à réduire et de limaille d'aluminium. Il obtint ainsi les alliages d'aluminium avec le nickel, le molybdène, le chrome, le tungstène, l'uranium, le titane, le vanadium, le manganèse, etc..., et il indiqua que ces alliages ainsi obtenus pouvaient permettre de faire passer les métaux réfractaires, dont le point de fusion est plus élevé que celui de nos fours ordinaires, dans un métal quelconque, même à un point de fusion peu élevé, tel que la production de l'alliage chrome-cuivre sans aluminium, l'excès étant éliminé facilement par l'addition d'une petite quantité d'oxyde de cuivre après formation de l'alliage

(1) MM. Green et Wahl, de Philadelphie, donnèrent en 1893 une méthode de préparation par l'aluminium de manganèse presque pur, en tout cas exempt de carbone, en chauffant dans un vase approprié du protoxyde de manganèse avec la quantité correspondante d'aluminium suivant la réaction :



mais cette préparation ne sortit pas du domaine du laboratoire.

chrome-cuivre-aluminium. Il ajoutait que ce procédé pouvait servir de même pour faire passer un métal réfractaire (chrome, tungstène, titane, etc...) dans un bain d'acier maintenu liquide au four Martin-Siemens, l'excès d'aluminium étant rapidement brûlé.

Dès ce moment-là la métallurgie aluminothermique existait.

Il était réservé aux métallurgistes et aux industriels de la mettre en pratique courante. La méthode du Docteur Goldschmidt, par la régularité qu'il a réussi à donner à la réaction, grâce à son procédé de mise en route par propagation, a rendu possible l'obtention des métaux purs, *sans carbone*, et dès ce moment l'industrie métallurgique a eu à sa disposition les métaux réfractaires dans un état de pureté inconnu jusqu'alors.

En France, la Société d'Electrochimie, qui immédiatement après les travaux de M. Moissan avait commencé la préparation des alliages d'aluminium, fabrique actuellement dans ses usines de Saint-Michel de Maurienne du chrome et du manganèse purs *sans carbone*, d'après la méthode brevetée du Docteur Goldschmidt.

Cette méthode est une solution remarquablement élégante du problème puisque pour produire des métaux fondus à une température pouvant atteindre 3000° (1) il n'est pas employé de combustible, et que c'est par la réaction seule que l'on obtient la chaleur voulue pour réduire et pour fondre.

La caractéristique de la méthode Goldschmidt est la régularisation de la réaction par la suppression du chauffage du mélange d'oxyde et de poudre d'aluminium

(1) Le D^r Goldschmidt, en utilisant le thermophone de Wiborgh, a évalué à cette température de 3.000° environ la température obtenue dans la préparation du chrome.

jusqu'à sa température d'inflammation et par la propagation de proche en proche de l'inflammation du mélange en ne la provoquant tout d'abord qu'en un seul point.

Ce n'est pas tout : la possibilité de conduire la réaction à l'intérieur d'un vase, sans addition de chaleur extérieure, rend la méthode particulièrement facile et pratique.

Quand la réaction se produit brusquement dans un mélange surchauffé, la plupart du temps les vases ne résistent pas à la violence de la réaction ; en outre, ce qui est plus grave, on ne peut trouver pour la fabrication des creusets aucune substance susceptible de résister à la double action simultanée du feu extérieur et de la chaleur intérieure.

Au contraire, dans la méthode Goldschmidt, les parois extérieures du creuset pendant la réaction restent froides et ne s'échauffent que progressivement par conductibilité alors que la réaction est déjà terminée.

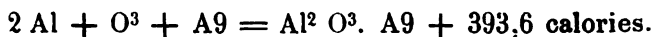
Enfin cette méthode, si remarquable pour la préparation des métaux purs, avec production de corindon (alumine fondue) comme résidu, constitue également un procédé de chauffage des plus intéressants, sous les formes les plus variées. Je montrerai notamment son application, si importante pour la métallurgie du fer, à la soudure autogène et à la réparation des pièces de fer ou d'acier.

Ceci m'amène à diviser en trois chapitres l'exposé plus détaillé de la méthode d'après les résultats qu'elle permet d'obtenir.

I. — Préparation des métaux purs et notamment du chrome et du manganèse

Ce qui fait de l'aluminium un corps réducteur des plus intéressants est non seulement son affinité pour

l'oxygène, mais aussi sa très grande chaleur de combustion. D'après Thomson la molécule d'alumine hydratée est formée avec dégagement de chaleur de 393,6 calories.

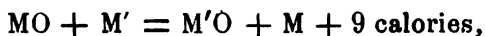


Autrement dit en rapportant cette chaleur à la quantité d'oxyde renfermant le même poids d'oxygène (1 atome = 10 grammes).



M. Berthelot, par l'étude expérimentale d'un grand nombre de phénomènes chimiques, a reconnu que, dans la plupart des cas, une transformation chimique était possible quand la *chaleur chimique* correspondante était possible.

Plus tard Helmholtz, en appliquant les principes de la thermodynamique à l'étude des transformateurs chimiques, a établi une formule à deux termes, dont la somme doit être positive pour la possibilité d'une transformation. Dans le cas de la substitution des métaux dans leurs oxydes, M et M' représentant les équivalents des deux métaux par rapport à l'oxygène, on a :



et la réaction aura lieu si 9 est positif et sa valeur absolue notable. Elle aura d'autant plus de chances de se produire, 9 étant positif et petit, que les oxydes et les métaux seront plus infusibles ou que les deux oxydes MO et M'O d'une part, et les deux mélanges M et M' d'autre part, auront des fusibilités et des volatilités du même ordre.

Ces considérations et ces résultats des études de thermochimie étaient intéressants à rappeler. Les règles expérimentales ou théoriques concernant la

possibilité des réactions, sont, en effet, en quelque sorte, les principes fondamentaux sur lesquels doivent s'appuyer toutes les applications que l'on peut faire des propriétés réductrices puissantes de l'aluminium et des quantités considérables de chaleur résultant de l'action de l'aluminium sur nombre d'oxydes et même sur certains sels, tels que les sulfures ou les sulfates.

Dans le cas qui nous occupe pour le moment, celui de la préparation des métaux, ces règles montrent nettement que l'on peut séparer un grand nombre de métaux de leurs oxydes par l'aluminium et que cette séparation sera d'autant plus facile qu'elle sera plus exothermique.

Mais il ne suffisait pas de savoir que les réactions étaient possibles, il fallait, ce qui était moins facile et plus délicat, réussir à les produire d'une façon régulière et industrielle.

Ainsi que je l'ai indiqué, M. Moissan a montré tout le parti que l'on pouvait tirer de l'action réductrice de l'aluminium et indiqua une méthode pratique de préparation d'alliages ; d'autre part, M. le Docteur Goldschmidt a constitué l'industrie que j'ai appelée la métallurgie aluminothermique, dont je vais décrire les opérations.

La particularité du procédé du Docteur Goldschmidt est d'opérer sans chauffage extérieur du vase, dans lequel s'opère la réaction, de placer dans le vase froid une partie de mélange d'aluminium et de l'oxyde à réduire et d'amorcer la réaction en un point par ce qu'il appelle une cartouche d'allumage.

La réaction se propage ensuite de proche en proche par la température dégagée par la réaction elle-même et peut se continuer en ajoutant petit à petit du mélange jusqu'à ce que le vase soit rempli par la masse du métal fondu de l'oxyde et de l'alumine résultant de la réaction.

L'opération se conduit avec la plus grande régularité malgré la température très élevée développée et qui peut se comparer à celle obtenue dans le four électrique.

Pour donner une idée de ce que représente la chaleur dégagée prenons la réaction sur l'oxyde de fer :



Ces 66 calories représentant la différence des chaleurs de formation de $1/3 \text{ Al}^3 \text{ O}^3$ et de $1/3 \text{ Fe}^3 \text{ O}^3$ (131 calories — 65 calories = 66 calories).

Cette chaleur intégralement dégagée par la réaction équivaut à

$$66 \times 426 = 28.116 \text{ kilogrammètres}$$

$$\text{soit environ à } \frac{28.116}{75} = 375 \text{ chevaux.}$$

Ce travail est intermittent en arrêtant l'opération quand le vase est plein de la masse fondue. Mais on peut le concevoir continu. Les produits de la réaction sont en effet liquides et, l'alumine fondue surnageant au-dessus du métal, si l'on pratique vers le fond du vase deux ouvertures de dimension suffisante et convenablement éloignées du fond, on pourra introduire d'une façon continue le mélange actif par l'ouverture supérieure en même temps que les deux trous de coulée laisseront échapper régulièrement l'alumine et le métal liquide.

En dosant avec soin le mélange d'oxyde et d'aluminium et en n'employant qu'un très petit excès d'oxyde métallique, quoique l'aluminium soit un métal des plus alliables, on obtient des métaux purs si les oxydes et l'aluminium employés le sont eux-mêmes et dans tous les cas absolument exempts d'aluminium.

La base du procédé est qu'une fois provoquée en un point du mélange intime d'oxyde et de la poudre

d'aluminium, la réaction se propage d'elle-même ; il suffira donc de chauffer fortement un point du mélange. On y arrive simplement par la cartouche d'allumage composée d'un mélange facilement inflammable et susceptible de produire une température élevée. Ce mélange se fait avec de la poudre d'aluminium et d'un peroxyde (peroxyde de baryum) dont l'oxygène est facilement déplaçable dans les proportions voulues pour réaliser la réaction :

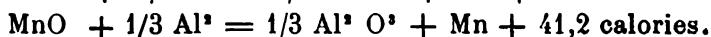
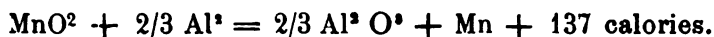


Avec ce mélange additionné d'une faible proportion de matière agglutinante cimenteuse, on forme de petites boules dans lesquelles on plonge un morceau de ruban de magnésium. Ces petites boules durcissent au bout de peu de temps et sont des cartouches d'allumage très commodes pour l'amorçage. Pour s'en servir, il suffit de poser la cartouche à la surface du mélange à décomposer en l'enfonçant au besoin légèrement dans la poudre, on enflamme l'extrémité du ruban de magnésium, dont la combustion suffit à produire la réaction de l'aluminium et du peroxyde de baryum, ce qui porte le point du mélange à décomposer à la température voulue pour que la réaction commence en ce point et se propage ensuite de proche en proche.

Au lieu de peroxyde de baryum on pourrait employer un autre peroxyde, tel que le peroxyde de sodium se dépouillant de son oxygène avec une aussi grande facilité. L'on pourrait encore amorcer l'opération avec beaucoup d'autres composés organiques ou mélanges de matières facilement inflammables et dont la chaleur de combustion est suffisante pour porter à la température voulue le point en contact. C'est ainsi que l'opération peut se mettre en train en allumant avec une simple allumette la poudre d'amorçage placée en un point du

mélange à décomposer. L'on pourrait même produire l'amorçage de cette opération, d'où se dégage un degré si élevé de chaleur, avec une goutte d'eau versée sur une partie du mélange d'un peroxyde et d'aluminium ou de carbure de calcium (par exemple : peroxyde de sodium et carbure de calcium) spontanément décomposable par l'air humide.

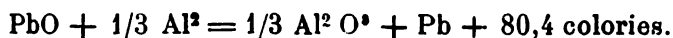
Une fois amorcée, l'opération, comme je l'ai expliqué, se continue par propagation de proche en proche. La vitesse de propagation de la réaction dépend de la chaleur dégagée et de l'état physique du mélange. Cette vitesse peut être réglée dans une certaine mesure en prenant de l'aluminium en grains plus ou moins fins de manière à réaliser un mélange plus ou moins intime avec l'oxyde. De plus, quand un métal forme plusieurs oxydes, il peut y avoir intérêt à opérer avec l'un de préférence à l'autre, la chaleur dégagée et, par suite, la température produite variant avec chacun des termes d'oxydation. Ainsi la préparation du manganèse avec le bioxyde sera beaucoup plus violente qu'avec le protoxyde, ainsi que le montrent les équations thermiques suivantes :



L'état de la poudre d'aluminium employée a donc une très grande importance suivant l'oxyde du métal, et la réussite de l'opération en dépend en grande partie. Aussi le D^r Goldschmidt emploie-t-il de l'aluminium en grains préparé par un procédé qu'il a fait breveter.

Un point qui mérite une sérieuse attention quand on veut éliminer complètement le carbone du métal à obtenir est de prendre les plus grandes précautions pour que l'aluminium et le mélange soient bien exempts de matières grasses et de substances organiques.

Enfin, dans cette méthode universelle d'isoler les métaux de leurs oxydes il faut signaler toute l'importance de la non volatilité de l'aluminium. Pour bien s'en rendre compte, examinons ce qui se passe avec l'oxyde de plomb :



La température sera d'abord fort élevée à cause de la forte exothermicité de la décomposition. Le plomb très volatil est complètement transformé en vapeur à la température développée par la réaction. Il y aura donc production brusque d'une matière gazeuse, formée de vapeurs de plomb. Le mélange constitue, par conséquent, un mélange explosif comme l'expérience le démontre.

Ceci fait voir nettement que si l'aluminium était volatil toutes les réactions deviendraient explosibles. C'est ce qui se produit du reste avec le magnésium, métal encore plus réducteur que l'aluminium, mais très volatil.

Pour bien montrer dans tous ses détails comment s'applique pratiquement le procédé du D^r Goldschmidt, il me reste à dire quelques mots de la nature des vases dans lesquels se font les opérations.

Il est indispensable que ces vases soient suffisamment réfractaires et surtout qu'ils n'interviennent pas eux-mêmes dans la réaction pour apporter des impuretés qui souilleraient le métal préparé. Les creusets réfractaires ordinaires constitués surtout par des silicates d'alumine facilement réductibles par l'aluminium semblent donc devoir être écartés. On peut pourtant les employer en les brasquant avec un oxyde irréductible par l'aluminium, l'alumine, ou mieux la magnésie. La brasque à la magnésie fortement calcinée décrite par M. Schlösing donne d'excellents résultats.

C'est par le procédé que je viens de décrire que le

D^r Goldschmidt, à Essen-sur-Ruhr en Allemagne, et la Société d'Electrochimie, à son usine de Saint-Michel de Maurienne en France, fabriquent industriellement du chrome et du manganèse exempts de carbone. Les analyses suivantes montrent la pureté de ces métaux préparés pour les besoins de l'industrie sans chercher la pureté absolue.

	Chrome		Manganèse
Carbone...	0.045	Carbone....	0.030
Silicium...	0.440	Silicium....	1.080
Soufre....	0.012	Soufre.....	0.004
Phosphore.	0.017	Phosphore..	0.008
Fer.....	1.200	Fer.....	0.800
Chrome...	98.150	Manganèse.	98.078 (par différence).
Aluminium	0.000	Aluminium.	0.000
	99.864		100.000

Dans un creuset, la préparation de 100 kilos de chrome dure 25 minutes.

Le chrome métallique pur possède les propriétés d'un métal précieux, par ce fait qu'il conserve son brillant, même dans une atmosphère oxydante comme celle d'un laboratoire. Il peut s'allier au cuivre, ainsi que l'a indiqué M. Moissan, et les usines industrielles citées produisent un alliage cuivre-chrome à 10 % de chrome qui possède la propriété de s'allier plus facilement que le cuivre et sert de matière première dans la préparation de bronzes spéciaux.

Le manganèse obtenu par réduction par l'aluminium a des propriétés tout à fait différentes de ceux de Deville et de Brünner.

C'est un métal brillant que les agents atmosphériques n'attaquent pas et qui se comporte à l'air comme le nickel. Il s'allie facilement au cuivre, au chrome, et

forme des alliages employés dès maintenant dans la production de certains bronzes.

L'on peut également préparer par cette méthode des alliages intéressants pour la métallurgie du fer et de l'acier, tels que ferro-tungstènes, ferro-titanes, ferromolybdènes. Le D^r Goldschmidt a obtenu du ferrobore à environ 25 % de bore.

II. — Préparation du corindon artificiel.

Tandis que dans la plupart des opérations métallurgiques pour l'obtention des métaux la scorie n'est qu'un déchet encombrant, la scorie résultant de la préparation des métaux purs par l'aluminium a, au contraire, une réelle valeur puisque c'est de l'alumine fondue ou corindon artificiel.

La particularité de ce corindon artificiel est de présenter une dureté bien supérieure à celle du corindon naturel. Il raie avec facilité l'émeri naturel et ne serait même pas entamé visiblement par les diamants employés pour la perforation. La raison de cette différence de dureté peut être dans ce fait, que le D^r Goldschmidt donne comme explication, que le corindon naturel contient toujours un peu d'eau sous forme d'hydrate et un peu de fer, tandis que le corindon artificiel est complètement exempt d'eau et renferme de faibles quantités d'oxyde de chrome ou de manganèse.

Je crois qu'il faut surtout attribuer cette dureté à ce qu'il est absolument exempt d'eau d'hydratation.

Ce corindon pourrait être électrolysé pour récupérer l'aluminium, ce qui serait une réelle économie de prix pour la production des métaux. Cette utilisation de ce qui est la scorie de l'opération de fabrication des métaux n'a pas été entreprise jusqu'à présent. Ce corindon artificiel a été employé à la préparation de meules, qui

présentent un grand pouvoir d'affilage en même temps qu'une résistance à l'usure remarquable.

Il est à noter encore que le corindon provenant de la préparation du chrome contient quelque peu de chrome. Pendant les refroidissements, il y a cristallisation et l'on trouve dans de petites cavernes des géodes de nombreux petits cristaux de rubis, parfaitement cristallisés et identiques par toutes leurs propriétés avec les cristaux de rubis naturel. Ils n'ont malheureusement aucune valeur commerciale à cause de leurs dimensions trop réduites et n'ont, par conséquent, qu'un intérêt scientifique.

A cause de cette production de rubis, le Dr Goldschmidt a donné le nom de *corubis* au corindon artificiel résultant de l'opération de fabrication des métaux.

III. — Production de hautes températures et leur application à la soudure autogène.

La température très élevée, qui se dégage de la combustion de l'aluminium avec l'oxygène d'un oxyde métallique, devait tout naturellement faire naître l'idée d'utiliser cette chaleur pour le chauffage et pour les soudures difficiles à réaliser avec les procédés habituels et même par l'électricité. On conçoit, en effet, facilement que la température, produite par la réduction des oxydes par l'aluminium, pouvant atteindre 3000° est plus que suffisante pour obtenir la fusion de l'acier et que, par suite, il est possible de réaliser une soudure parfaitement autogène de l'acier et de tout métal ou alliage dont la température de fusion est inférieure à celle de cette combustion particulière de l'aluminium. De même pour produire la température nécessaire à une brasure de pièces de cuivre ou de fer, il est simple d'entourer la partie à braser de sable, convenablement disposé,

et du mélange oxyde et aluminium qui, une fois allumé, portera la pièce à braser à la température voulue. La proportion de mélange variera suivant la nature et les dimensions de la pièce à braser. Quoique ce procédé ait peu de chances de se développer et de se généraliser pour faire des brasures, il peut, néanmoins, trouver son emploi avantageux quand il s'agit de faire une brasure en un point de grosses pièces difficiles à manier, ou même sur une pièce, maniable ou non, sans avoir à la démonter.

L'utilisation de la température élevée résultant de la réaction de l'aluminium sur les oxydes a surtout son intérêt pour la soudure autogène. Le D^r Goldschmidt a étudié cette application avec autant de soin que la méthode de production des métaux purs et en a fait un procédé absolument pratique pour la soudure autogène.

Le mélange employé est de l'oxyde de fer et de l'aluminium, il est dénommé « Thermité. »

D'une façon générale, on opère en pressant l'une contre l'autre les pièces métallurgiques à souder pendant qu'on coule d'un creuset la masse liquide amenée en réaction.

Pour souder des rails, par exemple, on maintient fortement appliquées l'une contre l'autre les deux surfaces à souder, à l'aide de tirants appropriés ; on entoure ensuite le profil des rails d'une petite caisse en tôle mince s'adaptant bien exactement et soutenue d'une façon quelconque ; on garnit à l'intérieur cette caisse de sable pour la protéger, mais en laissant libre l'espace entourant les parties à souder. Dans un creuset, on fait réagir le mélange oxyde de fer et aluminium par allumage progressif et on règle la masse fondue à obtenir dans le creuset suivant la soudure à faire. Il n'y a plus qu'à couler la masse du creuset dans le moule préparé autour de la pièce à souder. Le corindon

liquide coule alors en premier lieu sur la soudure et recouvre celle-ci instantanément d'une couche mince et ferme ; lorsqu'on laisse ensuite couler le métal liquide amassé au fond du creuset, il ne peut plus venir directement en contact avec les rails et les détériorer. Après refroidissement, l'ensemble de la masse se détache facilement avec un simple marteau et les deux rails sont soudés d'une manière absolue sur la totalité du profil, comme on peut le constater par une section à la scie.

Ce procédé de soudure des rails présente un très grand intérêt pour les chemins de fer électriques, dans lesquels il importe de pouvoir bien conduire le courant de retour, conditions essentielles pour une bonne marche électrique et pour éviter les courants à la terre, si nuisibles pour les lignes téléphoniques et télégraphiques et aussi aux conduites métalliques pouvant se trouver dans le sol au voisinage des rails.

L'objection relative à la dilatation de lignes de chemins de fer électriques en rails soudés n'est plus fondée. Si, en effet, on a cru jusqu'à présent que dans la pose des rails il était toujours nécessaire de ménager entre eux un petit vide pour permettre à la dilatation de se produire par les grandes chaleurs, l'expérience a montré que ce danger était beaucoup moins grave qu'on ne le croyait et qu'il était possible de raccorder d'une manière rigide deux rails consécutifs sans le moindre inconvénient, surtout quand les rails sont noyés, comme ceux des tramways, dans le pavé des rues. Du reste, des essais ont été faits sur la voie du tramway électrique d'Essen-sur-Ruhr et ont donné pleine satisfaction. D'autres Compagnies de tramways ont adopté depuis cette soudure et il y a déjà plusieurs kilomètres de voies ainsi installés.

Le travail se fait sur la voie même, de façon très

simple, et avec trois ouvriers et un matériel peu encombrant puisqu'il se compose des tirants, de la caisse en tôle, d'un peu de sable, d'un creuset et du mélange préparé.

Le prix de revient d'un tel système de soudage des rails est absolument abordable, car il n'est pas nécessaire d'employer dans le mélange de l'aluminium tout à fait pur, ce qui diminue de beaucoup le prix de ce métal.

Le soudage des tubes et tuyaux de fer se fait aussi simplement que pour les rails et de la même façon.

Un creuset de 20 centimètres de hauteur, contenant 1.400 grammes de mélange, suffit pour souder en quelques minutes un tube de 50 millimètres de diamètre intérieur et de 5 millimètres d'épaisseur. Des tubes soudés par cette méthode peuvent supporter jusqu'à 400 atmosphères, sans donner lieu à aucun suintement à la place soudée, et cette dernière peut être soumise à une courbure à froid sans aucune difficulté.

Le D^r Goldschmidt évalue à environ 2 fr. 50 à 3 fr. 75 le coût de soudure d'un tube de fer de 50 millimètres. Ce prix est absolument comparable, et même plus avantageux que celui d'un bon joint qu'on n'aura pas à moins de 6 à 8 francs et qui ne pourra pas résister aux mêmes pressions que le tube soudé.

Ce procédé de soudure a encore une importance toute particulière pour les moulages d'acier. Si l'on n'a qu'à souder deux parties de pièces, l'opération se fera aussi simplement que pour les rails ou les tubes de fer. Si, au contraire, il faut réparer à une pièce de moulage une partie criquée à la fusion de la pièce, on disposera l'opération pour qu'en même temps que la partie de pièce à réparer soit portée à la température voulue, on coule un peu de métal pour remplacer celui manquant dans la crique.

Dans ce cas, il faut obtenir un métal dont la composition soit aussi identique que possible avec celle de l'acier du moulage. Le mélange doit être alors fait en conséquence pour que le métal produit dans le creuset ne soit pas seulement du fer pur, mais soit plus ou moins carburé et contienne du manganèse, du silicium ou d'autres corps. La pratique surtout indiquera les détails de l'opération dans ce cas.

Le procédé aluminothermique trouve encore d'autres applications des plus intéressantes :

C'est ainsi qu'il permet de refaire les dents cassées d'une roue d'engrenage en fer ou en acier, et de refaire, d'une façon générale, une partie cassée d'une pièce dont le remplacement complet est onéreux. Il rend possible le chauffage de morceaux de métal en certains endroits, sans chauffer les parties environnantes, par exemple lorsqu'on veut effectuer un travail nécessitant un chauffage en un point déterminé d'un ouvrage monté et achevé.

Le procédé peut aussi être utilisé pour la trempe locale, ainsi que pour la détrempe, la place sur laquelle on veut appliquer la masse fondue de mélange pouvant être entourée de briques ou de sable.

Pour toutes ces applications variées, il y aura lieu d'étudier, pour chaque cas particulier, les détails de l'opération et aussi la composition du mélange à employer ; mais toujours la solution s'entrevoit, sinon absolument facile, du moins toujours possible et bonne.

La métallurgie aluminothermique, et plus généralement l'aluminothermie, que je viens d'exposer dans ses grandes lignes, ouvre donc un vaste champ d'études qui ne pourra que prendre de l'extension de tous côtés, notamment en ce qui concerne les exigences aussi nombreuses que variées de l'industrie métallurgique

qui cherche toujours à acquérir de nombreux moyens d'action.

Les chimistes et métallurgistes vont pouvoir poursuivre l'étude systématique des métaux purs, de leurs combinaisons et de leurs alliages.

Non moins intéressants sont les nouveaux procédés de chauffage et de travail des métaux et surtout la méthode générale de soudure autogène. Leur développement, dont s'occupe déjà activement, en France, la Société d'électrochimie, n'est pas douteux et sera certainement fécond en résultats.

L'aluminothermie, sans être directement électrique, peut néanmoins être envisagée comme d'ordre électrique secondaire puisque l'aluminium se prépare électriquement. C'est ce qui a fait appeler le creuset dans lequel s'opère la réaction, *four électrique secondaire*.

C'est donc avec raison que je disais en commençant que c'est par l'électricité qu'une nouvelle voie de progrès s'ouvrait pour la métallurgie. L'électricité réserve encore certainement de nombreuses et agréables surprises aux métallurgistes. Mais il était bon de noter, avant que ne commence le xx^e siècle, les résultats déjà acquis et d'une si grande importance de l'aluminothermie qui, à côté du four électrique, fait entrevoir un horizon immense de recherches nouvelles qui ne peuvent être que fructueuses pour la science et pour l'industrie.

La méthode aluminothermique du D^r Goldschmidt, si remarquable par sa simplicité et ses moyens si faciles et si pratiques d'application, nous vient d'Allemagne. Mais l'on peut dire que l'aluminothermie, qui existait déjà et était sortie du laboratoire pour entrer dans le domaine de la pratique industrielle à la suite des travaux du savant français M. Moissan, est revenue en France, d'où elle était partie perfectionnée et transformée

industriellement par la méthode si élégante du D^r Goldschmidt.

M. HOWE. — La France et L'Allemagne ont fait faire des progrès considérables à ces questions intéressantes. Mais les Etats-Unis aussi y ont joué un grand rôle. MM. Green et Wahl ont obtenu du manganèse exempt de carbone par ce procédé, en employant de l'aluminium et des creusets en magnésie. Ils l'ont fait en assez grande quantité dès 1892. Ils ont offert les produits obtenus au commerce et malheureusement n'ont pas trouvé marché. Le procédé est resté sans application pratique quoique ayant parfaitement réussi. Loin de moi la pensée de contester que le D^r Goldschmidt ait obtenu des résultats excellents, mais je tenais à établir la priorité de l'invention en faveur de ces savants qui ont réalisé la même idée il y a 8 ans.

J'appellerai maintenant votre attention sur la soudure par ce procédé; elle présente un grand danger : quand on chauffe dans ces fours à températures très élevées, sans martelage, le grain devient gros et le métal cassant. C'est le grand inconvénient des soudures électriques. Mais pour tous les cas où le martelage n'est pas nécessaire, la question est pleine d'intérêt et appelée probablement à des applications importantes.

M. CLERC. — D'après les renseignements que nous avons, ce n'est qu'en 1893 que MM. Green et Wahl obtinrent du manganèse par réduction du protoxyde par l'aluminium; mais leur procédé ne reçut pas d'application industrielle. Nous ajouterons que les propriétés réductrices de l'aluminium sont connues et ont été étudiées depuis longtemps; mais qu'à la suite des travaux de M. Moissan, le D^r Goldschmidt a donné un procédé absolument original et nouveau, permettant de

produire les métaux purs de façon pratique et tout à fait industrielle.

M. LODIN. — En ce qui concerne le chrome, on m'a affirmé qu'en traitant des ferro-chromes à haute teneur et riches en carbone par de l'aluminium, on déplaçait presque complètement le carbone contenu, lequel s'isolait à l'état de graphite ; mais je n'ai pas vérifié le fait.

M. CLERC. — Je n'en ai pas connaissance. Dans tous les cas, étant donné que dans l'emploi d'addition d'aluminium à la fonte ou à l'acier pour éviter les soufflures et donner des qualités spéciales à la fonte ou à l'acier il n'a jamais été signalé de déplacement de carbone, il en résulterait que si la réaction se produit réellement, il faudrait un excès d'aluminium. Dans ces conditions, il y a bien des chances pour qu'il reste de l'aluminium dans le ferro-chrome décarburé et, de plus, la fabrication des ferro-chromes carburés au cubilot étant très coûteuse, l'on ne voit pas l'économie du procédé.

M. LODIN. — La question est très discutée. Il serait possible que l'aluminium joue pour le chrome le même rôle de précipitation du carbone à l'état de graphite que le silicium dans la fonte. Il est, d'autre part, possible qu'il y ait des procédés de production d'alliages de chrome plus économiques que la fabrication au cubilot et que l'on puisse obtenir du chrome exempt de carbone à meilleur marché que par réduction par l'aluminium.

M. CLERC. — Je n'affirme pas qu'il ne puisse rien être fait dans cet ordre d'idées de décarburation de ferro-chromes ; mais je ne crois pas à la réussite par déplacement du carbone par l'aluminium.



BLOC DE CHRÔME

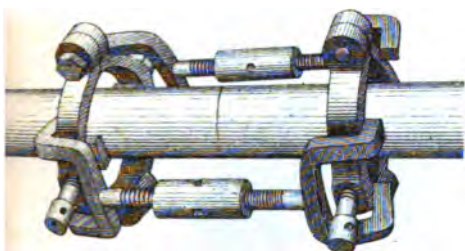


BLOC DE MANGANÈSE



BLOC DE CORINDON

Figures montrant la série des opérations pour le soudage des tubes.



J. I. Les tuyaux à souder sont réunis par des tirans à vis

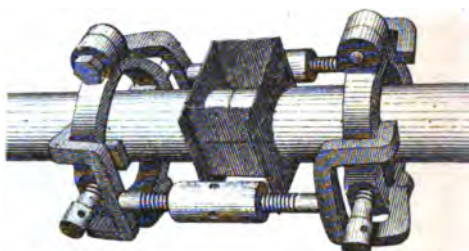


Fig. II. Le moule en tôle est adapté sur les tuyaux

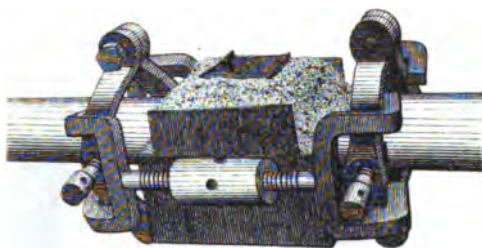
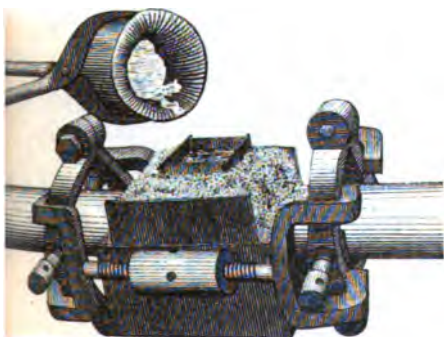


Fig. III. Le moule en tôle est brasqué avec du sable à mouler



J. IV. L'ouvrier verse le fer fondu préparé dans un creuset.

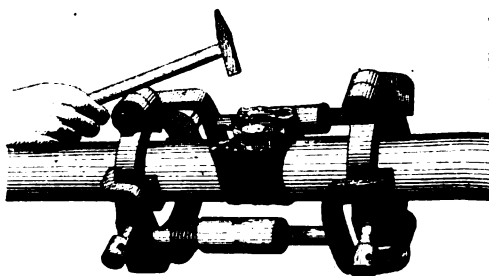
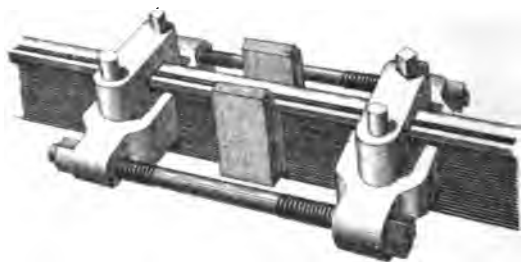


Fig. V. Aspect du tuyau la soudure faite

Figures montrant le Soudage des Rails



Les rails à souder sont réunis par des
tirants à vis



Les ouvriers versent le fer fondu préparé
dans un creuset

M. le PRÉSIDENT. — La présente séance a été vraiment consacrée à la métallurgie ; nous avons discuté la question de l'aluminium et celle du cuivre. Nous consacrerons nos derniers instants à un mémoire qui devait être lu hier sur le four Martin.

La parole est à M. ANGLÈS D'AURIAC pour donner lecture du mémoire dont il est l'auteur.

M. ANGLÈS-D'AURIAC. — Messieurs, la communication suivante est extraite de notes prises en 1898 au cours d'un voyage d'études dans les pays de langue allemande et dans certains districts les avoisinant.

I. FOUR MARTIN

Nous avons pu constater que tous les fours Martin de construction récente et plus encore tous ceux en projet, semblaient tendre vers un type général caractérisé par un certain nombre de dimensions et de rapports fondamentaux, ce type étant d'ailleurs susceptible de quelques variantes de détail.

Nous voudrions essayer de dégager ici ce type du four Martin moderne, et de montrer, par une discussion raisonnée des différents organes, comment s'expliquent les transformations que nos voisins font presque partout subir à leur outillage Martin.

Certaines de ces transformations ne seront assurément point des nouveautés pour beaucoup d'usines françaises, mais il en est d'autres qui pourront offrir quelque intérêt pour nos compatriotes. La question du Martin nous semble en tout cas valoir la peine d'un exposé d'ensemble.

Tonnage. — La tendance universelle est l'augmentation des dimensions du four dans les limites compatibles avec les conditions générales du travail au

Martin d'une part, et de l'autre avec les sujétions particulières imposées par la nature de la fabrication.

D'une part, en effet, on ne saurait dépasser certaines dimensions maxima de sole : la longueur entre carneaux se trouve limitée par la longueur de la flamme ; la largeur de la sole par la facilité du travail (chargement et surtout réparation), enfin, la profondeur du bain ne peut être exagérée sous peine de prolonger outre mesure la durée de l'opération.

Nous reviendrons en détail sur ces différents points en discutant chaque dimension du four.

D'autre part, l'on se trouve arrêté dans cette voie de l'augmentation du tonnage par les sujétions locales qu'impose la nature de la fabrication.

Nous n'avons en vue ici que la question des *petits lingots*, car la qualité du métal produit n'intervient que d'une façon indirecte, un grand four donnant tout aussi bien (et souvent mieux) du métal fin qu'en petit. Si les Martins acides sont encore en général de 8,10 et 15, alors qu'on ne construit plus aujourd'hui de Martin basiques d'aussi faible tonnage, c'est parce que le métal du four acide est un métal moins demandé, qui fait en général l'objet de petites commandes, sauf le cas des grosses pièces de la guerre et de la marine.

C'est pourquoi il y aura toujours intérêt à garder dans une usine un ou deux fours de 8 à 15 tonnes, pour les fabrications peu courantes ou pour les pièces de moulage de petites dimensions.

Le véritable obstacle aux grosses charges tient donc en définitive au poids moyen des lingots coulés. Une aciérie Martin qui devrait desservir *directement* des trains à tôles minces, un moyen mill, de petits mills, un train de tréfilerie, ne pourrait se composer d'unités de 20 ou 30 tonnes.

La coulée en source ne fournit du problème qu'une

solution partielle et précaire ; partielle, car l'on ne peut alimenter avec une même mère qu'un nombre limité de petits lingots (1) ; précaire, en raison des inconvénients qu'entraîne la coulée en source, au point de vue de la retassure centrale, et par suite de la qualité des lingots.

Le blooming seul rend l'atelier Martin complètement indépendant de l'atelier d'élaboration du métal, mais l'installation d'un engin aussi considérable n'est pas toujours en rapport avec les conditions économiques de l'usine intéressée.

Quoi qu'il en soit, et en dehors même du blooming dont l'emploi se généralise de plus en plus, nous avons partout constaté — dans les limites précisées par la discussion précédente — la tendance à l'agrandissement du four, tendance motivée par les avantages évidents qui résultent de l'augmentation du tonnage (main-d'œuvre, frais de premier établissement, d'entretien et d'amortissement).

Il importe seulement de faire tout d'abord une remarque fondamentale au sujet du tonnage.

En effet, toutes choses égales d'ailleurs, un même four recevra suivant les usines des charges très variables : 16,20, voire même 25 tonnes. Sans vouloir diminuer le mérite de nos voisins et les avantages très réels obtenus chez eux, tant par une construction judicieuse du four et de ses accessoires que par de nouvelles méthodes de travail, nous signalerons à ce sujet que certaines marches extraordinairement rapides, dont nous avons été témoin, perdent un peu de leur importance si l'on considère la petitesse relative de la charge par rapport aux dimensions du four, cinq

(1) Signalons à cet égard que nous avons vu dans une tréfilerie allemande couler, sur une même plaque, 8 tonnes en lingots de 118 kil., 18 lingotières quadruples.

coulées de 16 tonnes n'étant que l'équivalent pur et simple de 4 coulées de 20. En France, nous trouvons généralement avantage à augmenter la charge plutôt que le nombre des opérations par 24 heures, à cause du temps perdu entre les coulées (chargement et surtout réparation). On pourrait objecter qu'en chargeant peu un grand four, c'est-à-dire en opérant avec un bain peu épais, on accélère beaucoup les réactions oxydantes.

Sole. — La caractéristique des fours modernes est *l'allongement* de la sole. Tandis que dans les anciens fours le rapport de la longueur à la largeur variait de $\frac{2}{1}$ pour les petits fours à $\frac{3}{2}$ pour les grands (Ledebur II, p. 550), ce rapport est aujourd'hui partout supérieur à 2 pour les nouveaux fours, et il varie en général autour de 2,5. Cela tient à ce que la longueur des nouveaux fours est toujours d'au moins 6 mètres même pour ceux de 11 et 12 tonnes, et qu'elle atteint 8,400 pour ceux de 20 à 25 tonnes. Nous mettons à part l'ancien type du Schönwälder court que nous avons rencontré encore dans deux usines situées aux deux extrémités des pays allemands. La longueur relativement faible de la sole (5.000) y est compensée, ainsi que nous l'expliquerons plus loin, par la longueur démesurée des têtes et la forte convergence des brûleurs. Ce type fait d'ailleurs place de plus en plus au Schönwälder long. En fait, la longueur de 6 mètres doit être aujourd'hui considérée comme un minimum ; elle est évidemment fonction de la longueur de la flamme, laquelle croît avec le soufflage d'une part, et de l'autre avec la proportion d'hydrogène et de carbures. Avec un four trop court, les flammes sortent trop chaudes et les têtes se brûlent rapidement ; cette usure est obtenue intentionnellement dans les Schönwälder

courts où le laboratoire, après quelques centaines de charges, se trouve prolongé à chaque bout par une véritable chambre de combustion. Au contraire, avec un four trop long la tête de sortie se refroidit et la température du bain n'est pas assez uniforme. Aussi les longueurs démesurées de la sole n'ont-elles de raison d'être qu'avec une flamme vraiment longue, tant par la nature des houilles que par l'emploi d'une forte pression de soufflage ou d'injection de vapeur d'eau (on allonge aussi la flamme en diminuant la convergence des brûleurs).

Dans les régions où l'on fait usage du vieux gazogène Siemens avec tirage naturel et air sec, sans eau sous la grille, on évite de trop allonger le laboratoire ; c'est le cas d'une aciérie marchant au gaz de lignite où l'on s'était arrêté lors de la transformation des anciens Martin courts, à une longueur de sole de 5^m,300 (fours de 12 tonnes).

Quant à la *largeur* du four, elle ne varie que dans des limites assez étroites, en général de 2.500 à 3.000. Il semble qu'en dépassant 3 mètres on éprouve quelque difficulté à réparer le trou de coulée, et même à bien répartir la charge, ce qui perd beaucoup de son importance avec l'emploi de la fonte liquide. Nous avons d'ailleurs trouvé deux exemples de largeur supérieure à 3 mètres : d'une part, un grand four de 25 tonnes, mesurant 3^m,350 de largeur sur 7^m,000 de longueur, et muni d'un chargement mécanique qui supprimait l'inconvénient signalé plus haut ; de l'autre, un atelier de fours de 25 à 30 tonnes en projet dans une autre usine, et mesurant la même largeur de 3^m,350, mais sur une longueur de 8^m,220. Il est probable que le travail de l'ouvrier y aura été facilité par un dispositif quelconque. D'une façon générale, on se tient au-dessous de 3^m,000 même pour

les gros tonnages : c'est ainsi que dans un troisième district, un grand four de 23 tonnes n'avait que 2^m,750 de largeur, sa longueur atteignait, il est vrai, notre maximum de 8^m,400 d'où un rapport $\frac{L}{l}$ supérieur à 3.

Il s'agit bien entendu dans tout ce qui précède de la largeur au niveau de la porte de travail, car les piédroits sont presque toujours inclinés, surtout lorsqu'on travaille à l'ore process, en raison de l'action affouillante du bain.

La *profondeur* de la sole mesurée au centre du four est extrêmement variable, qu'elle soit prise par rapport aux naissances des brûleurs ou au niveau des portes. Dans beaucoup de fours, on exhausse d'ailleurs le seuil des portes par de faux seuils en pisé reposant sur les plaques. La profondeur moyenne dépend surtout de la méthode de travail et de la proportion de fonte dans le bain.

Ainsi que nous l'avons dit déjà, on tend de plus en plus à l'étranger vers les soles peu profondes, dans le but d'accélérer les réactions oxydantes. Aussi le rapport

$$\frac{\text{Surface de sole en mètres carrés,}}{\text{Poids de la charge en tonnes.}}$$

est-il en général égal ou supérieur à l'unité, même pour les plus grands fours.

Quant à la *pente transversale*, elle est presque universellement de 7,5 ou 8 %, nous avons cependant trouvé 8,33 % dans un petit four allemand et 6 % dans de grands fours russes.

Voûte. — La disparition de l'ancienne voûte surbaissée est depuis longtemps un fait accompli. La voûte est souvent plane dans le sens longitudinal.

mais le plus généralement elle présente une convexité notable (de 100 à 200^{mm}). Dans le sens transversal, la flèche varie peu (elle est d'environ 300^{mm}) ; mais un détail intéressant à noter est la surélévation assez fréquente de la voûte du côté coulée, surélévation qui s'explique par plusieurs bonnes raisons :

1° Dans tous les fours à reverbère le côté coulée est généralement plus chaud que le côté portes ; il est donc rationnel, pour uniformiser la température dans le laboratoire, d'adopter pour la voûte la section susdite ;

2° Du fait précédemment signalé, il résulte que l'usure de la voûte est notablement plus rapide en arrière (côté et région du trou de coulée) ; on contre-balance cette usure inégale en surélevant la voûte de ce côté ;

3° Lorsque les fondeurs réparent le piédroit du derrière, ils lancent à la pelle le pisé dolomitique qui s'écarte et très souvent touche à la voûte. De même quand on jette dans le four des matières d'addition telles que minerai, castine, fontes spéciales, il y a (surtout dans le cas de l'ore process) des projections qui vont quelquefois jusqu'à la voûte, et principalement à l'arrière, en face de la porte du milieu, par suite du sens d'introduction des matières lancées à la pelle. Pour éviter ce contact destructeur on est tout à fait fondé à donner à la voûte une forme surélevée dans la région arrière ; avec des briques légèrement coniques, cette forme n'entraîne pas une trop grande complication de construction.

Il est presque inutile de rappeler que la voûte repose maintenant, non sur les piédroits, mais sur les plaques d'armature reliées par une série de tirants : de telle sorte que l'intercalation d'une matière neutre (fer

chromé) entre la sole acide et le piédroit basique est devenue superflue.

Brûleurs.— Tous les fours modernes sont à brûleurs superposés mais avec quelques variantes.

Nous examinerons d'abord le type à 4 brûleurs, type Schönwälder proprement dit ou imité; car tous les fours modernes à 4 brûleurs et à têtes longues ne sont autres que des Schönwälder sans la division des chambres et sans les registres, c'est-à-dire sans le brevet; mais la partie brevetable d'un procédé ou d'un appareil n'est point toujours celle qui offre le plus de valeur. Les constructeurs se sont donc bornés à prendre au four Schönwälder ce qu'il avait de meilleur, à savoir, ses brûleurs. Ceux-ci sont caractérisés surtout par la grande longueur des têtes et par l'indépendance complète des carneaux verticaux d'air et de gaz.

La « Kopflänge » varie de 1^m,575 à 2^m,380 pour l'air, de 2^m,850 à 4^m,200 pour le gaz. Il est logique que les carneaux de gaz soient les plus longs, puisqu'à cause de leur faible pente et de leur voisinage du bain, ils sont exposés à s'encrasser et à se ronger beaucoup plus vite.

L'usure progressive des brûleurs n'entrave d'ailleurs pas le bon fonctionnement de la combustion, car la direction du jet d'air est toujours assurée par la voûte supérieure du carneau à air, et celle du gaz par la partie intacte du carneau à gaz, partie qui reste toujours considérable, en vertu des chiffres donnés plus haut. Certains fours sont même calculés de manière à produire leur maximum d'effet utile après quelques centaines de coulées, lorsque leur laboratoire, primitivement trop court, s'est allongé à chaque bout par la création d'une véritable chambre de combustion. Cette usure des brûleurs est d'autant plus rapide que l'épais-

seur verticale de maçonnerie séparant les arrivées d'air et de gaz est plus faible, et la convergence de ces arrivées plus forte, ce qui rapproche le foyer de combustion de la paroi d'entrée. Il ne nous semble pas rationnel de provoquer ainsi prématurément l'usure des brûleurs, et de faire un avantage de ce qui n'est au fond qu'un inconvénient. Nous croyons donc préférable de donner tout de suite au four une forme aussi stable que possible, de manière à obtenir, dès la cinquantième coulée, la production maxima par 24 heures. Les longues têtes n'ont d'autre but que de bien diriger les courants d'air et de gaz afin de réaliser leur mélange dans des conditions déterminées; on les construit longues pour que le four, *bien qu'elles* soient rongées en partie (et non *parce que*) puisse continuer à marcher sans réparation; c'est ainsi que certains fours silésiens, munis d'ailleurs du dispositif Schönwälder, ont pu faire des campagnes de 1.200 coulées.

Il est donc logique de laisser entre les arrivées d'air et de gaz un entre-deux de maçonnerie en rapport avec les températures auxquelles cette partie du four se trouve exposée. A cet égard, l'épaisseur de 250^{mm} doit être considérée comme un minimum. Nous n'avons rencontré d'épaisseur plus faible que dans les deux Schönwälder courts dont il a été question déjà (longueur de sole 5^m,000). L'entre-deux n'y était que de 150^{mm}, et d'autre part les carneaux d'air se trouvaient fort inclinés sur ceux de gaz, de sorte que la *cote de convergence* (distance horizontale entre le plan des arrivées et le plan focal (1) était extrêmement faible : 600^{mm} pour l'un de ces fours et 650^{mm} pour l'autre. Aussi l'usure des brûleurs se produisait-elle rapidement.

(1) Nous appelons plan focal le plan vertical de rencontre des lames moyennes d'air et de gaz.

En fait, l'entre-deux varie généralement de 250 à 400^{mm}, et la cote de convergence de 850^{mm} à 2 mètres. Nous croyons avantageux de se tenir pour cette dernière cote entre 1 mètre et 1^m,50, et plutôt aux environs de 1 mètre, ce qui, avec un entre-deux moyen, correspond à une inclinaison notable des carneaux d'air sur les carneaux de gaz. Le brassage du mélange est ainsi plus énergique et par suite la combustion du gaz plus rapide. Lorsqu'on veut au contraire allonger la flamme (cas d'une sole très longue ou d'une flamme naturellement trop courte), on augmente la cote de convergence en diminuant l'inclinaison des brûleurs ; mais c'est plutôt, comme nous l'expliquerons, le cas du four à 3 carneaux, avec lame d'air unique.

Dans le four à quatre carneaux, l'inclinaison des lames moyennes de gaz n'est jamais inférieure à 10° et va jusqu'à 20° ; celle des lames moyennes d'air est en général d'une quarantaine de degrés, mais varie de 35 à 48° ; la pente de la voûte supérieure peut atteindre jusqu'à 50°. L'inclinaison (modérée pour ne pas diminuer l'angle de rencontre avec l'air) des courants de gaz offre le double avantage de lancer les flammes vers la surface du bain et de mieux protéger les carneaux de gaz eux-mêmes contre les entraînements de poussières ou de scories.

La durée des brûleurs dépend aussi de l'épaisseur des murettes qui séparent l'un de l'autre les deux carneaux de gaz et les deux carneaux d'air. Cette épaisseur, mesurée dans le plan des arrivées, varie généralement de 550 à 700^{mm} pour l'entre-deux du gaz, de 400 à 500^{mm} seulement pour l'entre-deux de l'air, une lame d'air débordant toujours plus ou moins sur la lame de gaz correspondante, suivant le dispositif bien connu.

Nous croyons imprudent, malgré tout l'intérêt que

présente une distribution aussi uniforme que possible de l'air et du gaz dans le laboratoire, de descendre au-dessous des minima indiqués ci-dessus : 550 m^3/m pour l'entre-deux du gaz et 400 pour celui de l'air. Ce dernier augmente rapidement d'épaisseur dès qu'on s'éloigne du plan des arrivées, par suite de la forte convergence horizontale des carneaux d'air du four à 4 brûleurs, convergence qui a d'ailleurs pour effet de fondre avant le plan focal les deux courants d'air en une lame unique.

L'avantage que semble offrir à ce point de vue le four à 3 brûleurs ne serait donc qu'apparent; en revanche, la disposition des carneaux de ce four permet de réaliser la convergence horizontale des courants de gaz qui est très faible dans le four à 4 brûleurs. C'est là un bénéfice peu appréciable, tandis qu'au point de vue de la solidité de la construction, le four à 3 brûleurs présente une infériorité réelle, par suite de la difficulté de tenir la voûte de la grande lame d'air.

Aussi s'arrange-t-on pour ne pas exposer les brûleurs de ce four à des températures trop élevées. On éloigne à cet effet le plan focal en augmentant la cote de convergence, qui peut atteindre, comme nous l'avons dit, jusqu'à 2^m,000 et qui ne descend jamais en tout cas au-dessous de 1^m,100. Les courants sont donc moins inclinés : la pente de la lame moyenne d'air ne dépasse guère une quarantaine de degrés et descend jusqu'à 25 ; celle du gaz varie de 20° à 6°. Par contre, l'éloignement du foyer de combustion permet de réduire un peu l'entre-deux des arrivées de gaz qui peut n'être que de 500 ou même 450 m^3/m au débouché dans le four.

Quant à la longueur des têtes, elle est (toujours dans le même ordre d'idées) notablement moins forte

pour le four à 3 brûleurs que pour son concurrent, sans cependant jamais descendre au-dessous de 1.250 m^3 , chiffre qui aurait paru considérable il y a une quinzaines d'années. Fréquemment la longueur est la même pour les courants d'air et de gaz ; on en profite alors pour loger les carneaux verticaux dans un même massif de maçonnerie. Les entre-deux de ce massif sont en effet plus épais si l'on n'a que 3 conduits au lieu de 4 ; une semblable disposition peut donc être adoptée sans trop de chances de communication entre l'air et le gaz. Cependant les constructeurs de fours à 3 carneaux ont aussi reconnu les avantages qui résultent d'une grande longueur de tête-gaz et d'une indépendance aussi complète que possible des différents carneaux jusqu'à leur réunion au débouché dans le laboratoire ; c'est ainsi que dans un grand four Martin du type à 3 carneaux nous avons trouvé 2^m,350 de longueur de tête-gaz contre seulement 1^m,350 air.

Il nous reste maintenant à traiter des *sections* des carneaux, tant pour la partie inclinée qui constitue le brûleur proprement dit que pour le conduit vertical amenant l'air ou le gaz de la chambre de récupération. Les dimensions de ces ouvertures varient avec le tonnage du four, la composition du gaz, sa teneur en vapeur d'eau, sa température ainsi que celle de l'air, enfin la pression de soufflage du gazogène. Quelques règles nous paraissent cependant bien établies.

On sait tout d'abord que la vitesse de circulation des fluides, air, gaz ou fumées dans les galeries d'un four se trouve pratiquement limitée par les diverses résistances, les pertes de frottement, et, le cas échéant, par l'entraînement des poussières. Les sections des galeries annexes sont calculées de manière que les

gaz circulant à 300° (c'est la température à laquelle les fumées devraient quitter les régénérateurs pour bien utiliser la récupération et le tirage des cheminées) ne dépassent jamais des vitesses de 3 à 4 mètres par seconde. Nous réservons la question des empilages, qui sera discutée plus loin. Pour les carnaux, on ramène, comme pour les autres galeries, les gaz à la température de 300°, mais on admet des vitesses maxima notablement plus fortes, surtout au débouché des brûleurs (jusqu'à 15 mètres) afin de lancer le gaz et l'air sous pression dans le four, et de reporter le foyer actif de combustion aussi loin que possible, c'est-à-dire à sa place géométrique définie par la cote de convergence. La conservation des brûleurs est ainsi mieux assurée ; mais il faut pour cela disposer d'un tirage suffisant.

Quant à la dimension relative des brûleurs à air et à gaz, elle dépend assurément de la nature du gaz et de la quantité d'air nécessaire pour le brûler ; mais d'une façon générale il convient de donner aux brûleurs à air une section un peu plus grande, tant parce qu'il faut un excès d'air pour assurer la combustion complète, que parce que l'action du soufflage des gazogènes se fait sentir jusque dans les carnaux de gaz, tandis que l'air n'est appelé que par l'aspiration naturelle (1) des chambres. En traitant de celles-ci, nous discuterons la question des registres, le nombre et la position de ces appareils, et dirons à quoi leur rôle nous paraît devoir être utilement limité.

(1) Peut-être en viendra-t-on au soufflage de l'air ; mais cette éventualité ne paraît pas avoir été sérieusement examinée jusqu'ici. Ce serait là, croyons-nous, une solution coûteuse qui n'irait même pas sans danger.

Il est bien entendu que la majoration — faible d'ailleurs — des carneaux d'air s'applique aux conditions actuelles de fonctionnement des fours ; elle n'aurait pas de raison d'être dans le cas de gazogènes non soufflés alimentés avec du lignite.

Pour terminer ce qui a trait aux carneaux, nous n'avons plus à signaler que le *dejètement* des brûleurs par rapport à l'axe du four. Ainsi qu'on a eu déjà l'occasion de le dire à propos de la surélévation de la voûte, la combustion se fait en général moins bien du côté des portes que du côté du fond. Il y a lieu par suite d'augmenter la quantité de gaz arrivant dans l'arrière du four : c'est pour ce motif que l'axe des brûleurs est souvent déplacé en arrière de 50 ^m/_m ou même 100 ^m/_m, de manière à régulariser la combustion dans l'ensemble du four et à éviter un refoulement trop accentué près des portes latérales. Cette disposition, utile surtout dans les anciens fours à carneaux parallèles non superposés (on ne se contentait pas d'y déjeter l'axe des brûleurs vers le côté coulée, mais on augmentait en outre la section du trou arrière), paraît perdre beaucoup de son importance avec les brûleurs superposés.

Chambres de récupération. — Leur trait le plus saillant est *l'augmentation de la capacité totale*. Si l'on fait le produit de la largeur d'une chambre par sa longueur et sa hauteur, celle-ci étant mesurée depuis les petites murettes qui supportent les empilages jusqu'au sommet de la voûte, et qu'on divise le volume ainsi obtenu par le poids de la charge en tonnes, on trouve des chiffres variant de 1^m,5 à 2^m. La capacité utile de la chambre est un peu inférieure à ce volume, les empilages devant s'arrêter à la naissance de la voûte et même un peu plus bas, à cause

de l'embouchure des carneaux verticaux. Mais si l'on compare cette capacité utile au rendement de la coulée en tonnes, les rapports varient toujours dans les limites données ci-dessus, tandis qu'il n'est pas rare, dans les anciennes installations, de trouver des rapports de 1^m et 0^m,8 par tonne. Nous n'avons fait encore aucune distinction entre les chambres à air et à gaz. En fait, elles sont très souvent égales ; lorsqu'il n'en est pas ainsi, c'est aux chambres à air qu'on donne le plus grand volume, mais la différence est toujours assez faible.

Quant à leur *forme*, il est évident que la récupération se fait d'autant mieux que les chambres sont à plus long trajet, c'est-à-dire d'un type plus élancé. L'idéal théorique serait un boyau, idéal irréalisable pour deux motifs : les engorgements d'abord et ensuite l'habitude où l'on est encore de loger les chambres sous le four Martin, ce qui leur impose une hauteur maxima. En fait, la hauteur définie comme ci-dessus ne dépasse pas 4^m,850 dans les fours que nous avons étudiés et nous ne croyons pas que dans les mêmes conditions on puisse trouver d'exemples de hauteur supérieure à 5^m.000. La largeur d'une chambre est limitée par la portée de sa voûte (encore que celle-ci n'ait plus à supporter le poids de la sole comme dans les anciens fours) et sa longueur par la largeur du massif inférieur du four.

Rien à dire sur la disposition bien connue des empilages, ni sur les briques savons, dont l'emploi ne paraît pas s'être beaucoup généralisé. Quant au rapport du vide à la section totale, beaucoup de gens admettent 7/12 (soit 5/12 de plein). Il faut cependant que la résistance offerte soit suffisante pour obliger les gaz à passer dans toute la section des empilages. De là les inconvénients des empilages trapus, où il

se crée des chemins chauds plus fréquentés par les fumées au retour et des chemins froids plus fréquentés par le gaz et l'air à l'aller.

A ce point de vue des courts circuits, la disposition des arrivées et des sorties d'une chambre présente beaucoup d'importance; cette préoccupation avait conduit au tirage diagonal de chaque demi-chambre et à la forme dissymétrique des carneaux dans les premiers fours Schönwälder. La meilleure solution consiste, non seulement croyons-nous, à faire traverser les chambres normalement et non en oblique, mais à mettre les gaz en pression à leur arrivée dans les empilages, pour les contraindre à utiliser toute la section libre. En pratique, on réserve au-dessous des murettes supports une chambre horizontale d'au moins $700 \text{ m}^3/\text{m}$ de hauteur, qui prolonge la conduite d'arrivée, et d'où le gaz (ou l'air) repart verticalement à travers les intervalles séparant les murettes, intervalles dont la longueur est perpendiculaire au sens d'arrivée et dont la largeur croît progressivement à mesure qu'on s'éloigne vers l'arrière, de façon à égaliser autant que possible la résistance des différents chemins et à éviter ainsi un court circuit contre la paroi avant. Cette variation de largeur va suivant les fours de $80 \text{ m}^3/\text{m}$ à $150 \text{ m}^3/\text{m}$, de $92 \text{ m}^3/\text{m}$ à $183 \text{ m}^3/\text{m}$, de $100 \text{ m}^3/\text{m}$ à $200 \text{ m}^3/\text{m}$.

Une des grosses difficultés de marche des fours Martin tient à la répartition des fumées entre les chambres à gaz et à air. C'est un fait d'expérience que ces dernières tendent généralement à se refroidir et que cette chute de température ne peut que s'accroître par le jeu naturel des inversions. Aussi les sections des carneaux devraient-elles être établies en vue du départ des fumées aussi bien que de l'arrivée des gaz, d'où une nouvelle raison pour agrandir les carneaux d'air. Mais quand bien même les brûleurs

auraient été exactement calculés de façon à permettre la meilleure répartition des fumées, il ne manque jamais, quelque bien conduit que soit le Martin, de se produire des inégalités de température dans les régénérateurs, inégalités qu'il est difficile et long de corriger lorsqu'on ne dispose que d'un registre à la cheminée. On ne peut exercer une action qu'en baissant cet unique registre pour diminuer le passage à travers la chambre chaude, et forcer une partie des gaz brûlés à traverser la chambre froide voisine ; mais cette façon de procéder a le grand inconvénient de ralentir l'allure du four.

C'est pour remédier à cette inégalité de température des chambres qu'ont été imaginés différents systèmes de *registres* ou *clapets* placés en général *entre le four* et les *appareils de renversement*, ou bien sur les appareils de renversement eux-mêmes. Ces registres ont d'abord l'inconvénient d'être nombreux : il en faut au moins 4, et même jusqu'à 8 dans le système Schönwälder ; il est vrai qu'avec ce dernier, on assure non seulement l'indépendance des chambres, mais encore celle des brûleurs, chaque brûleur à air ou à gaz correspondant à une 1/2 chambre indépendante munie de son registre. La manœuvre de ces appareils à chaque renversement constitue une sujétion pour les ouvriers de l'aciérie. En outre, tous ces registres, même les plus perfectionnés, laissent forcément des jeux qui permettent des rentrées d'air provoquant une combustion anticipée des gaz et occasionnant de la sorte une perte de calories. Il nous semble bien préférable — et la chose existe déjà dans plusieurs aciéries — de n'installer aucun registre entre les chambres et les appareils d'inversion, mais de prolonger les galeries de fumées correspondant à chaque appareil d'inversion assez loin pour permettre

de placer sur *chacune* un *registre de fumées*. Le dispositif est simple et peu coûteux ; il suffit de quelques mètres entre les appareils et le point de jonction des deux galeries. Au-delà des registres, les deux galeries de fumées se réunissent, comme à l'ordinaire, en une seule galerie aboutissant à la cheminée (à la rigueur, on pourrait faire aboutir chaque galerie de fumées dans une cheminée spéciale, combinaison avantageuse dans le cas seul où la cheminée existante serait insuffisante et où il y aurait par suite intérêt à lui adjoindre une cheminée auxiliaire). En levant plus ou moins l'un ou l'autre des deux registres de fumées, on fait à volonté passer par la chambre correspondante une quantité plus ou moins grande de gaz brûlés, de façon à réchauffer plus ou moins les empilages de ladite chambre, sans que la marche du four s'en trouve ralentie comme dans le cas d'un seul registre de fumées.

Le système Schönwälder a, comme nous l'avons dit, l'avantage de permettre le réglage indépendant de chaque brûleur ; les adeptes de ce système font ressortir la possibilité d'agir ainsi durant tout le cours d'une opération sur la marche des réactions dans le laboratoire. Nous répondrons d'abord qu'en pratique, parmi les quelques usines où les registres Schönwälder ont été installés, nous n'en avons trouvé qu'une seule où on les fit fonctionner de la sorte. En général, on se préoccupait au contraire de modifier le moins souvent possible leur réglage. Le système Schönwälder semble vraiment trop compliqué pour être manœuvré d'une façon efficace par des ouvriers d'aciérie, lesquels, parla nature même de leur métier, sont ennemis-nés de tout ce qui n'est pas simple et robuste.

Au point de vue de la conservation des organes du four, les deux registres de fumées jouent d'ailleurs un

rôle aussi utile que les valves Schönwälder. On sait que les engorgements des empilages, cause principale de l'arrêt des fours Martin, se produisent surtout lorsque l'une des chambres est surchauffée. L'expérience prouve que, si l'on peut éviter ces inégalités de température, les empilages se conservent en parfait état même dans les fours basiques marchant à l'ore process et par suite exposés à un entraînement important des poussières basiques dans les chambres. Dans des fours marchant à l'ore process avec 80 % de fonte dans la charge et munis de registres ou clapets régulateurs, les empilages se conservent en parfait état pendant plus de 1.000 opérations. Dans des fours absolument semblables et marchant dans les mêmes conditions, mais n'ayant qu'un seul registre de fumées comme appareil de réglage, les empilages sont mis hors de service au bout de 5 à 600 charges.

Avec l'emploi de deux registres de fumées, la voûte ne coule pas, les brûleurs s'usent lentement et régulièrement par le contact des poussières basiques. Les carneaux de communication entre les chambres et les brûleurs restent intacts au lieu de s'encrasser comme à l'ordinaire.

Enfin, les deux registres de fumées permettent d'éviter les coups de feu qui sans cela se produisent souvent pendant la dernière période d'une opération, les chambres à air s'échauffant alors d'une façon démesurée par suite de la faible admission d'air.

Il convient néanmoins, quel que soit le dispositif de réglage adopté, de munir le four de *fausses chambres* à scories. Leur usage se généralise de plus en plus et on les fait aujourd'hui indépendantes des chambres de récupération, au lieu de les loger dans un coin de celles-ci, disposition moins bonne conservée dans certains fours Schönwälder. On donne habituel-

lement à ces fausses chambres une largeur de 5 à 700 m^3 ; leur longueur correspond à la largeur du massif inférieur du four ; enfin, leur profondeur — variable car la sole est inclinée pour faciliter l'évacuation latérale — est prise de manière que la portée de sortie se trouve à hauteur convenable pour le ringardage.

Quant à la *position relative* des récupérateurs, nous noterons qu'on place de préférence les chambres à air sous le milieu du four, entourées de part et d'autre par les chambres à gaz. Cette disposition offre plusieurs avantages :

1^o Elle favorise le chauffage des chambres à air, celui des chambres à gaz étant par lui-même plus facile ;

2^o Elle évite à l'appareil d'inversion du gaz le voisinage immédiat du four, voisinage qui a moins d'inconvénient pour l'appareil d'inversion de l'air, en général plus robuste et d'une manœuvre moins compliquée (une simple valve papillon au lieu d'une cloche) ;

3^o Elle facilite la construction des carneaux, la position des chambres à gaz à l'extérieur du massif s'accordant avec la longueur plus grande des têtes des brûleurs à gaz.

Lorsque la longueur du massif des chambres s'y prête, on laisse au centre un *passage souterrain, transversal* au four, suffisamment large pour recevoir une petite voie d'usine, ce qui permet le décrassage du côté des appareils d'inversion, et décharge d'autant la halle de coulée.

Nous avons indiqué déjà l'intérêt que présente la réalisation pratique de récupérateurs à *long trajet*. Etant donné qu'on admet aujourd'hui, dans les

appareils Cowper de hauts-fourneaux, une hauteur utile de 30 mètres d'empilages pour chauffer l'air à 800°, il serait impossible de loger sous un four Martin des empilages où la récupération se ferait dans des conditions analogues. Dans les fours Batho à récupérateurs isolés, fours dont l'usage ne paraît d'ailleurs pas s'être beaucoup répandu, on n'a pas cherché davantage, que nous sachions, à profiter de l'indépendance des chambres pour augmenter sensiblement leur hauteur. C'est que d'abord la mise en communication d'un appareil aussi élevé qu'un Cowper avec les brûleurs d'un Martin, qui ne sont jamais à plus d'une dizaine de mètres au-dessus du sol naturel, ne pourrait se faire qu'au prix de sérieux inconvénients. Mais le plus grand obstacle à l'élévation démesurée des récupérateurs du four Martin tient à l'écart considérable des températures auxquelles sont exposées les différentes parties de ces appareils. Le haut des empilages s'encrasse et fond assez vite, salissant les parties inférieures, qui, quoique bonnes par elles-mêmes, doivent être changées à chaque réparation fondamentale. Cette difficulté a été résolue d'une façon fort ingénieuse par un ingénieur français, qui a fractionné la récupération entre plusieurs chambres verticales successives, enfermées dans des enveloppes cylindriques en tôle, les empilages étant faits de briques de plus en plus minces, et offrant des passages de plus en plus étroits à mesure qu'on s'éloigne du four, de manière à pousser la récupération aussi loin que possible, sans que l'encrassage de la première chambre soit cependant trop rapide. La circulation des fumées se faisant d'ailleurs de bas en haut dans la seconde chambre, les crasses et les poussières qui seraient entraînées jusque-là tomberont d'elles-mêmes au fond, de sorte que cette seconde chambre et la troisième

(il y en a trois en tout dans le système en question, les deux dernières accolées à l'intérieur d'une même enveloppe) pourront fonctionner pendant des années entières sans aucune réparation.

Ce système a été installé pour la première fois dans une usine russe où il aurait donné de très bons résultats. Il n'a que le défaut d'exiger beaucoup de place et des frais de premier établissement assez élevés, sans parler de la perte par rayonnement qui doit être considérable.

II. — GAZOGÈNE

A l'encontre de ce qui a lieu pour le four lui-même (laboratoire et accessoires immédiats), on ne saurait prétendre que le gazogène tende vers un type bien déterminé. Le système choisi dépend en effet de conditions multiples, et en particulier du combustible employé, de sa teneur en matières volatiles, de son état de division, de sa nature plus ou moins collante, de sa pureté, enfin de la fusibilité de ses cendres. Mais, indépendamment de ces divers facteurs, il est certain que le gazogène a subi depuis quelques années des transformations importantes, que de grands progrès ont été réalisés, et qu'un certain nombre de principes se dégagent au milieu de la variété des appareils.

Ce n'est point à dire que l'emploi du soufflage (Kœrting ou ventilateur), l'adoption de gazogènes-cuves, à plus forte raison la suppression de la grille, voire même la fusion des cendres, soient partout de règle aujourd'hui. Il est des cas où l'ancien gazogène Siemens à poitrine, avec tirage naturel, constitue la meilleure des solutions.

Nous en avons trouvé l'exemple type dans une usine d'ailleurs considérable qui ne disposait pour ses gazogènes que de gros au-dessus de 40 ^m/_m. Il eût été

contre-indiqué de souffler, car l'air ne traversait que trop facilement la couche de combustible, malgré son épaisseur de 2 mètres. La vapeur d'un Kœrting aurait refroidi l'allure et ralenti la combustion, qui se faisait déjà d'une façon médiocre, avec l'air seul, la houille étant oxygénée et impure. Enfin, le soufflage sec, même en augmentant encore l'épaisseur de la couche, n'aurait pas amélioré la qualité du gaz, par suite des chalumeaux qui se seraient produits dans la masse. Quant à la grille, sa nécessité résultait de l'infusibilité complète des cendres ; aussi réfractaires que des cendres de bois, elles descendaient dans le gazogène, se tassaient et bouchaient des intervalles : la grille était donc indispensable pour le décrassage.

Le maintien du vieux gazogène Siemens se justifie encore lorsqu'on brûle du lignite, combustible de gazéification particulièrement aisée. Le tirage naturel est alors la règle générale : on économise ainsi les frais de soufflage, et l'on éprouve moins de difficulté à décrasser la grille.

Cependant, même dans les usines marchant au lignite, on a compris les avantages qui résultent de l'emploi du soufflage et de la transformation des anciens gazogènes, avantages consistant surtout dans une grosse économie de combustible.

Le combustible est en effet d'autant mieux utilisé qu'on réussit mieux à éviter :

1° La perte par combustion anticipée (Co^2 au lieu de Co) ;

2° La perte par escarbilles (coke au lieu de gaz).

On atteint ce double but en augmentant l'épaisseur de la couche, ce qui nécessite le vent soufflé, et entraîne par là même une allure assez chaude dans la partie inférieure du gazogène, allure néces-

saire d'ailleurs à la destruction du coke formé dans cette partie.

Le soufflage permet, en outre, comme on le sait, d'augmenter considérablement la production par mètre carré de surface de grille et par heure ; il rend possible l'emploi de plus grandes grilles ; il assure mieux l'égale répartition de l'air dans toute la section. L'allure du gazogène se trouve régularisée par l'épaisseur de la couche ainsi que par la forme symétrique des nouvelles cuves et l'emploi d'appareils de chargement analogues à ceux des hauts-fourneaux. Dans ces conditions, on n'a pas à craindre la formation de cheminées, sauf le cas où l'on n'aurait à brûler que du gros. Enfin, le soufflage est indispensable aux combustibles pulvérulents ou de gazéification difficile ; mais c'est surtout dans le cas de houille demi-grasse ou grasse qu'il réalise l'économie signalée plus haut.

L'allure chaude nécessaire à la gazéification à peu près complète de la houille grasse impose même l'adoption de gazogènes-cuves sans grille, les gazogènes à grille, même soufflés, donnant toujours avec cette houille une forte proportion de coke, qu'on retire non brûlé avec les cendres, et qui est d'ailleurs, après triage, susceptible d'utilisation.

Une allure trop chaude mettrait rapidement le gazogène hors de service. Pour l'éviter, il suffit de ne pas exagérer la hauteur de la couche de combustible, de souffler à une pression moins forte, et de mêler de la vapeur d'eau au vent soufflé, vapeur qui, judicieusement employée, offre en outre l'avantage d'augmenter le pouvoir calorifique du gaz, sans que cet enrichissement soit payé trop cher comme avec le gaz à l'eau proprement dit.

Les conséquences du ralentissement de l'allure sont

une moindre production et par suite la nécessité d'un plus grand nombre de générateurs ; en revanche, la composition du gaz est plus régulière qu'avec une seule ou deux unités par four.

L'allure forcée, avec évacuation des scories liquides, ne pourrait être pratiquement soutenue, sauf des cas exceptionnels, qu'à la condition de munir l'ouvrage du gazogène-cuve de caisses à circulation d'eau, tout comme un petit haut-fourneau ; mais la dépense d'alimentation compense alors largement la petite économie obtenue au prix de cette marche forcée.

Les injecteurs Kœrting, universellement répandus aujourd'hui, constituent le mode de soufflage le plus simple lorsqu'on ne veut pas souffler à l'air sec, ce qui est le cas général, à moins que le combustible ne soit très riche en matières volatiles et surtout chargé de vapeur d'eau. On reproche cependant parfois à ces appareils de ne pas donner une allure assez chaude. Il n'y a, en effet, d'autre moyen d'accélérer le soufflage d'un Kœrting que d'admettre une plus grande quantité de vapeur ; le vent n'augmente ainsi qu'avec la vapeur elle-même. Mais la décomposition de cette vapeur refroidit le gazogène et produit du Co^3 . Pour réduire ce Co^3 à l'état de Co , il faudrait augmenter l'épaisseur de la couche, et par suite la pression du vent, c'est-à-dire souffler encore plus de vapeur. On tournerait ainsi dans un cercle vicieux.

Ces reproches sont surtout justifiés, croyons-nous, lorsqu'on ne dispose que de vapeur à basse pression (3 à 4^e au gazogène). Le rendement des Kœrting s'améliore considérablement avec l'emploi de vapeur à haute pression et aussi d'injecteurs d'un gros diamètre ; mais il reste toujours médiocre, malgré les modifications ingénieuses apportées au Kœrting primitif, modifications ayant pour but d'entraîner

avec une quantité donnée de vapeur le plus grand volume d'air possible.

Quoi qu'il en soit, lorsqu'on veut faire varier indépendamment la quantité de vent soufflé et la proportion de vapeur dans ce vent, il faut avoir recours au ventilateur, et faire déboucher dans la conduite de chaque gazogène un jet de vapeur réglable à volonté.

Si l'on conserve l'ancien gazogène, l'emploi d'injecteurs Kœrting est au contraire tout indiqué, car l'allure franchement chaude, avec vent de couche épaisse et forte pression, aurait pour effet, sinon de fondre les grilles (1), du moins de les détruire par oxydation. Dans le cas du soufflage sec, on entretient sous la grille pour la protéger une mince couche d'eau qui sert en outre à l'extinction des oscarbilles.

En définitive, l'allure chaude des nouveaux gazogènes-cuves sans grille est intermédiaire entre celle qui détruirait la grille et celle qui détruirait le gazogène lui-même. Les cendres se scorifient et sont plus ou moins pâteuses en regard de la (ou des) tuyère, on les retire du fond du gazogène à l'état solide.

L'inconvénient principal de cette allure, lorsque l'appareil lui-même n'en souffre pas, est de produire une grande quantité de suies nécessitant de vastes chambres de dépôt. Ces suies, qui ressemblent au noir de fumée industriel, ne sont pas susceptibles d'utilisation, elles sont extrêmement pyrophoriques et brûlent dès qu'on les sort des chambres.

La vapeur d'eau, en favorisant la formation d'hydrocarbures, diminue relativement la production de ces suies.

(1) Si le charbon est à machefer, on peut être sûr de ne pas fondre la grille, quelque fort qu'on souffle.

Nous n'avons rencontré l'allure très chaude avec fusion des cendres que dans une région de combustible maigre et impur, où la gazéification et le décrassage auraient présenté de grandes difficultés, si l'on ne s'était pas ainsi débarrassé des scories par écoulement continu. On soufflait de l'air sec à la pression de 450 mm , la scorification était obtenue au moyen d'une addition notable de laitier de haut-fourneau. L'utilisation de la houille était complète, mais les scories entraînaient une certaine quantité de chaleur.

Les dessins des nouveaux gazogènes soufflés, avec ou sans grille, présentent une grande diversité. La forme de révolution paraît théoriquement préférable, mais elle exclut l'assemblage des générateurs dans un massif commun. C'est surtout le profil qui est susceptible de variantes nombreuses. Le rétrécissement de l'ouvrage, imité du haut-fourneau, se justifie dans le cas de combustibles assez purs et non collants ; il est indispensable avec le gazogène à grille pour éviter les courts circuits contre les parois, et reste utile, pour la même raison, avec le gazogène sans grille, soufflé latéralement, malgré la saillie que l'on peut donner aux tuyères. Mais si l'on craint les accrochages, il faut adopter le profil rectiligne et parfois même évaser le gazogène à sa partie inférieure. Le soufflage central s'impose alors ; il a été réalisé au moyen de dispositifs fort ingénieux, combinés de manière à bien répartir le vent dans toute la masse, à supporter la chaleur et le contact des scories plus ou moins pâteuses, enfin à faciliter autant que possible le décrassage, et à permettre de n'effectuer cette opération qu'après chaque coulée, soit en moyenne seulement 4 fois par 24 heures.

Pour terminer cette étude trop rapide du gazogène, disons qu'on cherche de plus en plus à utiliser dans le four même tous les éléments combustibles de la

houille, et par suite à mettre le générateur en liaison immédiate avec le Martin. L'utilisation des sous-produits est en effet toujours médiocre. Le goudron, chargé d'eau, ne peut servir à l'agglomération de la dolomie, l'asphalte n'est bon qu'à brûler sous les chaudières ; les escarbilles seules, employées au grillage des minerais ou à la cuisson de la chaux, sont parfois d'un bon rapport. L'ingénieur d'une aciérie française installée au milieu d'un pays agricole, nous disait récemment que les chauffourniers de la région lui achetaient ses escarbilles à un prix très supérieur au coût du charbon, l'usine ne consommant que des menus de ses mines. On s'explique que dans des conditions semblables la transformation des vieux gazogènes ne présente pas grand intérêt.

La séance est levée à 6 heures.

5^e SÉANCE*Samedi 23 Juin 1900.*

**ETUDES SUR LA DÉFORMATION
DES MÉTAUX
MÉTALLURGIE DE L'OR
QUESTIONS DIVERSES**

Président : M. TSCHERNOFF.

Assisté de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE.

Secrétaires : MM. BRESSON et DURASSIER.

La séance est ouverte à 2 heures 1/4.

M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, président du Congrès. — Messieurs, M. Tschernoff nous fait l'honneur de présider cette séance. Je le prie de prendre place au fauteuil.

M. TSCHERNOFF, président. — Messieurs, la parole est à M. Vanderheyem, ingénieur du contrôle de la Compagnie P.-L.-M.

Observations

Présentées par M. Eug. VANDERHEYEM, ingénieur du contrôle de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée.

Je ne vous demanderai que peu d'instant, Messieurs, pour vous présenter quelques observations au sujet d'un incident qui a marqué la dernière séance.

Après la si intéressante conférence de M. François Clerc sur le procédé Goldschmidt, l'éminent professeur Howe a pris la parole, et en nous faisant entendre que ce

procédé avait eue des précédents en Amérique, il a exprimé ses doutes sur l'efficacité de ce procédé dans son application à la soudure de l'acier.

J'ai éprouvé le plus vif regret lorsque j'ai entendu une voix aussi autorisée élever une objection à l'égard d'un procédé qui résoudrait un des plus importants problèmes qui préoccupent à l'heure actuelle tous les ingénieurs, et en particulier les ingénieurs des chemins de fer.

C'est en effet un de leurs grands soucis, que celui que leur cause la raréfaction progressive de la fabrication du fer dont la production et la qualité diminuent sans cesse.

Si le développement de la fabrication de l'acier et ses perfectionnements ont permis de le substituer au fer pour un grand nombre de pièces entrant dans la construction du matériel de chemin de fer, on a cru devoir maintenir jusqu'ici le fer, pour celles des pièces de haute sécurité qu'on ne peut confectionner sans soudures et dans un seul bloom d'acier.

Une autre considération d'égale importance a motivé le maintien du fer, c'est celle tirée des avantages que présentent les pièces en fer parce fait qu'on peut les réparer lorsqu'elles sont usées ou rompues au service en soudant une partie neuve à la partie restée intacte, ou en réunissant par soudure les deux parties séparées par rupture.

Cette pratique consacrée par une longue expérience pour les pièces en fer, les ingénieurs de chemins de fer ont hésité jusqu'à présent à l'étendre aux pièces en acier. Et s'ils se trouvent contraints d'accepter certains organes en acier, c'est avec la pensée que ces organes seront purement et simplement remplacés par des organes neufs le jour où ils devront être réformés pour usure ou tout autre cause. La raison de cette hésitation

est qu'ils n'ont pas, pour la plupart, confiance dans la soudabilité de l'acier, même de celui dit *soudable*.

M. Rocour en vous faisant connaître l'extension prise dans ces derniers temps par la fabrication de l'acier Thomas, nous a dit que le fer n'est pas encore détrôné, malgré les progrès réalisés dans la qualité du métal, parce que la soudabilité de l'acier ne se trouve que dans certains produits particulièrement soignés et relativement chers.

M. Lodin, l'éminent professeur de métallurgie à l'École des Mines de Paris, répondant à cette remarque, nous a fait espérer que cet obstacle à l'extension des applications de l'acier était près de disparaître ; il a même ajouté, je crois, qu'il avait disparu à l'heure actuelle.

Permettez-moi de vous dire que pour moi il existe encore, et aussi bien pour les aciers spéciaux auxquels M. Rocour a fait allusion que pour les autres aciers.

Depuis bientôt 10 ans que je dirige à la Compagnie P.-L.-M. le service du contrôle, j'ai entendu à maintes reprises des fabricants d'acier, et non des moindres, soutenir que l'acier extra doux dit soudable se soudait aussi bien que le fer, par les mêmes moyens et sans artifices particuliers.

C'est l'avis du producteur mais il ne faut pas négliger celui du consommateur qui a parfois de redoutables responsabilités.

Or, j'ai fait de nouveaux essais, non pas seulement sur des éprouvettes d'acier soudées par nos ouvriers, lesquelles pourraient être suspectes, à cause du peu d'expérience qu'ils ont encore du travail de l'acier, mais aussi sur des éprouvettes préparées par les fabricants, par ceux précisément qui voulaient me convaincre de la soudabilité de leur métal.

Eh bien ! dans un cas comme dans l'autre, j'ai reconnu

que la soudure était incertaine, disons le mot, imparfaite.

L'imperfection de cette soudure, j'ai pu la mettre en évidence, non pas à la suite d'essais de traction, dont les résultats, je dois le dire, semblaient donner raison aux fabricants d'acier, mais en faisant subir à l'éprouvette, à l'endroit de la soudure, plusieurs torsions alternatives. Dans la majorité des cas, les deux parties soi-disant soudées se sont séparées en faisant apparaître aux portées des surfaces caractéristiques dénotant de la façon la plus évidente un *encollage* et non une soudure.

D'accord avec beaucoup de mes collègues des chemins de fer, je ne crois donc pas à la soudabilité de l'acier extra doux quel qu'il soit, étant bien entendu qu'on doit comprendre par soudabilité la faculté pour deux pièces de pouvoir former, par rapprochement à la température qu'on peut produire dans les feux de forge, une seule et même pièce sans point faible à la jonction sous le rapport de résistance à la traction, au choc, à des ébranlements répétés ou à toute autre action mécanique.

Si l'on considère d'une part que le bon fer se fait de plus en plus rare, et d'autre part que les Compagnies de chemins de fer possèdent des milliers de véhicules de toutes sortes, comprenant chacun de nombreuses pièces de sécurité qu'on a faites jusqu'ici en fer, parce qu'elles ne peuvent se confectionner ou se réparer sans soudures, on voit combien serait précieux un procédé permettant d'assurer la soudure de l'acier, comme semble le faire espérer le procédé Goldschmidt.

Il me paraît probable que grâce à la température extrêmement élevée due à la réaction des matières employées dans le procédé Goldschmidt, les extrémités des parties à souder sont fondues et arrivent par suite

à faire corps, sans aucune solution de continuité avec l'acier liquide que produit cette réaction et qui forme trait d'union entre elles.

Mais, nous dit M. le professeur Howe, et c'est ici qu'il convient de rappeler la critique qu'il a formulée du procédé, le métal coulé entre les deux pièces à réunir prendra une texture cristallisée à gros grains et, à l'endroit de la soudure, vous aurez une région fragile ; il faudrait que ce métal fut martelé pour qu'il y ait continuité de texture et de propriétés mécaniques.

C'est là une critique dont il est aisé de vérifier le bien fondé par des expériences faciles à concevoir, mais en attendant que ces expériences soient faites, je crois pouvoir espérer que les craintes de M. le professeur Howe ne seront pas confirmées et voici pourquoi.

Dans une mémorable communication qui a été publiée en 1882 par la *Revue universelle de Liège*, M. le professeur Tschernoff a exposé, d'après des expériences décisives, que si le forgeage modifie favorablement la texture de l'acier et empêche la formation des gros cristaux, il en est de même du refroidissement brusque, à la condition que le métal ait été porté à une température suffisamment élevée qui dépend de son degré de carburation.

Depuis une dizaine d'années, la Compagnie P.-L.-M. a fait une application de plus en plus étendue de ce principe, dont le service du contrôle avait vérifié la parfaite exactitude par des expériences méthodiques faites à son laboratoire d'essai. Elle a prescrit successivement pour toutes les pièces en acier de son matériel, telles que bandages, essieux, essieux coudés, tôles de chaudières et particulièrement pour toutes les pièces en acier moulé, d'appliquer le procédé avec chute de température, et dans certains cas celui dit à la valée, avec refroidissement à l'air libre.

Les produits ainsi obtenus ont été reconnus sensiblement supérieurs à ceux qui lui étaient fournis auparavant à l'aide du procédé classique de recuit lent avec refroidissement lent dans le four.

Le métal est à grains plus fins, avec de beaux arrachements, il offre une résistance et une limite élastique plus élevée et, ce qui est de la plus haute importance pour les pièces de chemin de fer continuellement soumises à des trépidations, il est notablement plus résistant au choc.

Les chemins de fer font aujourd'hui une très large application dans leur matériel de pièces en acier moulé ; elles remplacent des pièces forgées difficiles à obtenir et coûteuses ou des pièces faites de tôles et de cornières assemblées, qui sont ébranlées après peu de temps de service. Ces pièces en acier moulé ont bénéficié, grâce au procédé de recuit avec chute, d'une très sensible amélioration, et l'on peut dire qu'à la faveur de cette amélioration, elles peuvent, quand elles sont bien étudiées et fabriquées par des industriels expérimentés, être mises au même rang pour la sécurité que les pièces forgées elles-mêmes.

Ces résultats importants consacrés par une expérience d'une dizaine d'années, démontrent de la façon la plus incontestable la justesse de la théorie de M. le professeur Tschernoff.

Nous avons rencontré beaucoup de sceptiques et ce n'est pas sans difficultés que nous avons pu faire accepter nos idées par certains de nos fournisseurs ; mais en présence des résultats obtenus, ils ont fini par se rendre à l'évidence et à les adopter.

Revenons maintenant à l'objection de M. le professeur Howe, au sujet du procédé Goldschmidt appliqué à la soudure de l'acier.

Je suis pour ma part porté à croire, en me fondant sur

toutes les considérations que je viens d'avoir l'honneur de vous exposer, que le refroidissement nécessairement brusque de l'acier fondu entre les deux pièces froides et très rapprochées produira, au point de vue de la texture, le même effet que le martelage.

S'il en était autrement, la théorie de Tschernoff nous donnerait encore le moyen d'y remédier, il suffirait d'opérer la transformation du grain de la soudure par un chauffage à la température convenable et un refroidissement brusque.

En vous présentant ces quelques observations, j'ai été heureux, Messieurs, de saisir l'occasion qu'elles m'ont fournie de vous faire connaître tout le parti que nous avons tiré des travaux de M. le professeur Tschernoff et de rendre ainsi un juste hommage à ce savant métallurgiste que nous avons l'honneur de compter parmi les plus hautes sommités du Congrès (1).

M. DURASSIER. — Toujours à propos du procès-verbal, j'ai l'honneur de déposer une note remise par M. Charpentier, qui est tréfileur d'aluminium au Val d'Oie. Cet opuscule est très intéressant parce qu'il contient une comparaison sur la conductibilité de l'aluminium soit pur, soit allié à 3 % puis 6 % de cuivre. Cette note apprend que l'aluminium n'a pas la ténacité que lui prête M. Héroult dans sa communication; en sorte qu'on ne pourrait pas mettre des poteaux télégraphiques à une plus grande distance qu'aujourd'hui; de plus, la conductibilité baisse rapidement dès qu'on allie le cuivre à l'aluminium et qu'on augmente la ténacité de l'alliage. En suivant la décroissance de cette conductibilité, on arrive à cette constatation que l'aluminium

(1) Voir à la fin du compte rendu de la séance page 661 la *Note Annexe* déposée par M. Vanderheym.

ne saurait être employé comme réducteur dans l'aluminothermique, car la moindre trace de cuivre dans l'aluminium abaisse énormément la conductibilité. Ainsi, un alliage qui ne contient que 6 % de cuivre et 94 % d'aluminium n'a plus qu'une conductibilité de 13, 15. Il serait intéressant que ce travail soit publié dans les comptes rendus du Congrès; chacun y trouverait d'intéressants renseignements. (*Applaudissements.*)

M. HATON DE LA GOUPILLÈRE. — Nous insérerons volontiers cette communication (1).

M. le PRÉSIDENT. — L'ordre du jour appelle l'examen du rapport de M. le commandant Hartmann sur les *phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux* (2).

M. le commandant HARTMANN résume son rapport et présente à l'assemblée une très intéressante collection d'échantillons offerte par lui à l'Ecole des Mines de Paris et sur lesquels on peut suivre tous les phénomènes qu'il décrit.

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. GROBOT, directeur des usines d'Assailly (Loire), qui désire présenter quelques observations sur le mémoire du commandant Hartmann.

J'avais l'intention de vous présenter à la suite du travail de M. le commandant Hartmann une note sur quelques applications pratiques qu'on peut faire de

(1) Voir l'opuscule de M. Charpentier-Page, sur l'aluminium en électricité, annexé à la suite du compte rendu de la présente séance, page 670.

(2) Voir le Rapport. *Bulletin*, tome XIV, pages 1659 et suivantes.

Fig. 1. Ancien type

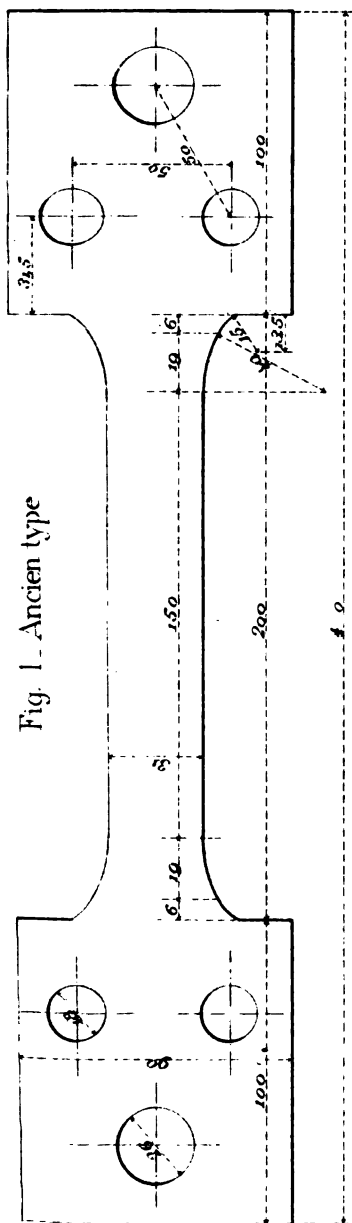
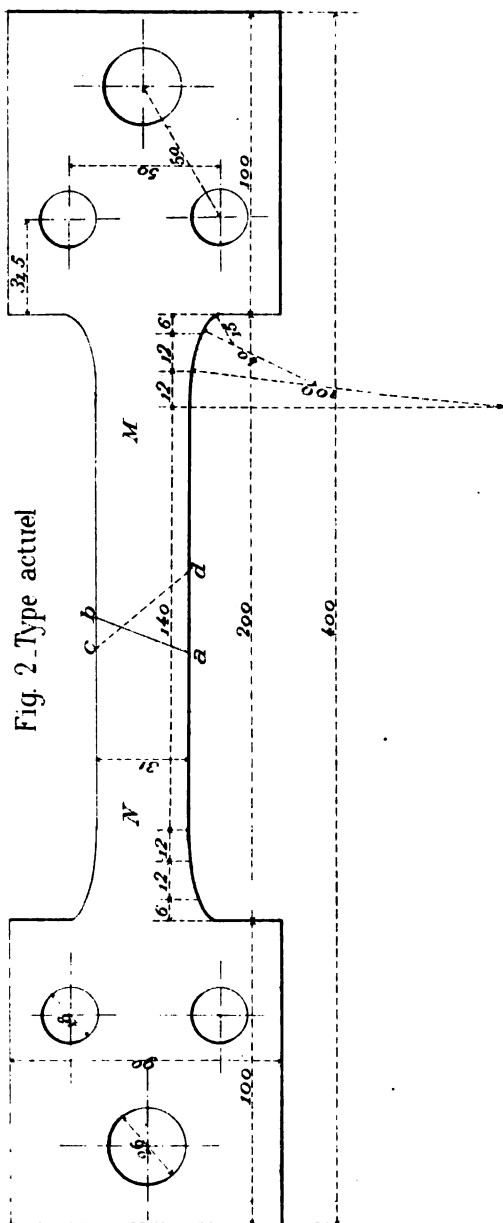


Fig. 2. Type actuel



ses recherches et de celles qu'a publiées antérieurement le capitaine Duguet.

Je n'ai pas eu le temps de rédiger cette note et je me contenterai de vous citer quelques applications faites à Assailly de l'étude de ces lignes.

Les lignes de déformation signalées par M. le commandant Hartmann sont évidemment les traces, à la surface des corps, des déformations internes. Ces lignes ne se produisent que là où la limite élastique a été dépassée. Il suffit donc de se mettre dans les conditions où elles apparaissent (polissage, bleuissement et nouveau polissage après déformation) pour voir quelles sont les parties d'une pièce où se produisent les premières déformations permanentes. Dans les parties où ces lignes n'apparaissent pas, la limite élastique n'est évidemment pas atteinte.

On peut donc au moyen de ces lignes étudier expérimentalement la forme des solides d'égale résistance, par exemple pour pièces de machines, bielles, etc.

Nous avons tiré parti à Assailly de ces lignes pour déterminer la meilleure forme à donner aux éprouvettes de traction destinées aux essais des tôles à haute teneur en nickel. Avec ce métal à grand allongement, il n'est pas nécessaire de procéder à un polissage. Là où une déformation permanente se produit, l'oxyde tombe et accuse immédiatement la ligne.

Les premières éprouvettes que nous avons faites se composaient (Fig. 1) d'une partie rectangulaire raccordée aux têtes par un arc de cercle de 40 mm . Nous avons constaté bien vite que, malgré tous les soins apportés non seulement à la préparation des éprouvettes mais au meulage des surfaces latérales en vue de faire disparaître l'écrouissage dû au découpage, la rupture se produisait souvent au raccordement de cet arc de cercle et du corps de l'éprouvette. Il en résultait

une diminution très sensible de la valeur de l'allongement pour cent.

Ayant remarqué que les lignes de déformation s'arrêtaient précisément à ce raccordement à 4 ou 5 m/m près, nous en avons conclu que le changement de section était trop brusque, et nous avons eu l'idée d'essayer d'augmenter le rayon de courbure de l'arrondi jusqu'à ce que ces lignes diminuent progressivement de nombre sur une longueur plus grande, soit 20 à 25 m/m . Nous avons été conduits par ces essais à prendre un rayon de raccordement de 100 m/m (au lieu de 40 m/m), et depuis, nous n'avons plus eu de rupture près des têtes (Fig. 2).

Dans l'essai des éprouvettes, on voit nettement par la manière dont l'oxyde se détache, où et comment se produisent les déformations.

En un point de l'éprouvette apparaît tout d'un coup une ligne ab inclinée d'environ 45° , et la partie N de l'éprouvette paraît glisser le long de cette ligne dans le sens ab ; mais aussitôt, il se produit une autre déformation dans le sens cd qui ramène l'axe de N sur le prolongement de l'axe de M , en sorte que l'éprouvette reste droite dans son ensemble.

A partir du moment où la striction se produit, les déformations se localisent dans la partie de l'éprouvette où la largeur est moindre, mais alors, elles deviennent plus sconfuses; les formes de rupture les plus fréquentes sont encore inclinées sur l'axe de l'éprouvette.

Nous avons pu également étudier, dans une certaine mesure, sur les rondelles Belleville les parties soumises à des déformations permanentes au cours des essais de fabrication. Sur les surfaces oxydées de ces rondelles, nous avons retrouvé les développantes de cercles signalées par M. le commandant Hartmann.

J'ai nommé, en commençant, le capitaine Duguet.

Ses travaux ont été publiés en deux mémoires, parus en 1882 et 1885 dans la *Revue d'Artillerie*.

C'est à M. le commandant Hartmann, alors détaché à la surveillance des fabrications aux usines de Saint-Chamond, que je dois d'avoir eu connaissance de ces recherches intéressantes.

J'engage mes collègues à lire ces mémoires, car ils y trouveront une grande quantité de faits observés et des expériences intéressantes faites pour vérifier ces vues théoriques qui en découlent.

Dans son premier mémoire, le capitaine Duguet étudie ce qui se passe dans les éprouvettes qu'on essaie soit à la traction, soit à la compression, soit à la flexion, soit à la torsion.

Dans le second, il cherche à expliquer, en se servant de la théorie mathématique de l'élasticité, les phénomènes qu'il a observés et décrits, et émet certaines hypothèses sur la manière dont se produisent les déformations dans les corps.

Les principales conclusions auxquelles il arrive sont les suivantes :

1° La limite élastique d'un corps primitivement déformé d'une façon permanente par un système d'efforts F ayant agi pendant un temps assez long est justement égal à F , lorsque le corps est soumis de nouveau, et dans les mêmes conditions, à l'action des mêmes efforts.

2° La limite d'élasticité n'a et ne peut avoir aucun rapport déterminé avec la résistance à la rupture.

3° Quelque grandes que soient les déformations subies par un corps solide non poreux, son volume et sa densité varient très peu. Le rapport de la variation de volume aux variations linéaires peut avoir une valeur considérable lorsque la déformation est très petite,

mais il peut être considéré comme nul dans le cas des grandes déformations.

De cette observation, le capitaine Duguet tire la conclusion que les grandes déformations sont produites par les glissements des molécules et non par arrachement.

4° Les solides transmettent les pressions en divers sens; ils transmettent aussi les tensions; bien plus, l'application des pressions suffit dans bien des cas à produire, en certains points, un développement de tensions; en quoi les solides diffèrent grandement des liquides.

5° Les déformations qui se produisent sont les déformations les plus *stables*, les plus grandes dans la direction de l'effort, elles correspondent au maximum de travail et au minimum d'effort.

Étudiant ensuite au moyen des formules de la théorie mathématique de l'élasticité ce qui se passe en chaque point d'un corps soumis à des efforts, il cherche à expliquer la manière dont se produisent les glissements en un point.

Il émet des hypothèses au moyen desquelles il arrive à admettre que les directions de la rupture par glissements font un angle de $45^\circ \pm \varphi$ avec la direction des forces principales.

Comme il avait trouvé pratiquement, pour les aciers employés alors par l'artillerie, un angle de 50° dans le cas de la compression, il admet que $\varphi = 5^\circ$ pour tous les aciers.

Les expériences de M. le commandant Hartmann montrent que cet angle n'est pas constant comme le croyait le capitaine Duguet, mais varie avec la dureté du métal.

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. BOUSQUET, ingénieur des mines de la République Sud-Africaine, pour résumer les différentes notes relatives à la *Métallurgie de l'Or* qui ont été présentées par ses soins (1).

M. BOUSQUET. — Messieurs, les rapports sur la cyanuration au Transvaal, dont j'ai fait le dépôt à la commission d'organisation du Congrès, ont été rédigés spécialement pour celui-ci par des ingénieurs et des chimistes du Rand, dont les noms se trouvent intimement liés avec les progrès de la métallurgie de l'or au cours des dernières années. MM. Williams Pearce, Caldecott, Scrymgeour et Lœvy ont contribué pour une large part par leurs travaux personnels à l'obtention des résultats si satisfaisants que l'on constate aujourd'hui.

Rédigés à une époque troublée par la guerre du Sud Afrique, ces mémoires ne se présentent pas à votre attention avec tous les développements utiles. Vous y trouverez des faits, résultats d'expériences, qui en d'autres circonstances seraient élucidés par des données numériques impossibles à obtenir par suite de la rupture de communications. Tels quels, ils offrent néanmoins un ensemble intéressant dont je vais essayer de tracer rapidement devant vous les grandes lignes.

Le conglomérat aurifère du Witwatersrand présente dans toutes les exploitations minières une constance remarquable dans sa composition. La silice, des silicates d'alumine et des pyrites de fer, dans la proportion de 2 à 5 %, tels sont ses constituants, la pyrite de cuivre, le nickel, le cobalt, l'arsenic, l'antimoine, le plomb, ne s'y rencontrent que sous forme de traces et n'ont pas

(1) Voir les différents rapports. *Bulletin*, tome XIV, p. 1748 et suivantes.

d'influence dans le traitement. Ce fait explique le succès de la cyanuration et la prospérité des exploitations minières à la suite de mise en marche du procédé. Aujourd'hui, le tiers environ de la totalité de l'or produit au Transvaal, soit en 1898, 136 millions de francs, sur 410 millions est extrait par cyanuration.

C'est à 1889 que remonte la première tentative d'application du cyanure de potassium à la récupération du métal précieux contenu dans les résidus de l'amalgamation au moulin en se basant sur les propriétés de ce réactif comme dissolvant de l'or. Depuis, on a appliqué la cyanuration au minerai après broyage à sec, mais cette méthode ne s'étant pas généralisée, nous la laisserons de côté.

On connaît les réactions chimiques, bases du traitement : l'or dissous par le cyanure de potassium en solution est ensuite recueilli par précipitation.

La dissolution de l'or exige la présence de l'oxygène, d'où nécessité d'un brassage des matières en traitement ; d'autre part, le cyanure de potassium étant facilement décomposable par les acides, on doit ajouter de la chaux ou de la potasse caustique pour neutraliser ces acides.

Pour la précipitation, il existe actuellement trois méthodes ayant fait leurs preuves pratiques :

Procédé Mac-Arthur Forest, ou précipitation sur le zinc finement divisé.

Procédé Betty, ou précipitation sur le zinc en y ajoutant du plomb, qui produit un courant électrique.

Procédé Siemens, ou précipitation électrolytique, en employant le courant d'une dynamo avec des électrodes de fer et de plomb.

Les premiers essais industriels de traitement eurent lieu en 1889, à La Robinson, sur des tailings accumulés. La dissolution de l'or des tailings par le

cyanure de potassium avait lieu dans des cuves en bois à section carrée ; les citernes à solutions étaient placées à un niveau supérieur, tandis que les tailings accumulés à un niveau inférieur devaient être remontés jusqu'aux cuves de traitement pour être ensuite déchargés à la pelle. Les données principales de ce traitement étaient approximativement les suivantes :

Titre de la solution : 0,5 %. — Quantité de solution : $1 \frac{1}{2}$ fois (1) le tonnage des tailings. — Teneur en or après précipitation : $1 \frac{1}{2}$ dwt. — Extraction : 65 % de la teneur en or. — Prix de revient total : 15 francs par tonne.

Les perfectionnements successifs apportés au travail ont permis d'abaisser le prix de revient à 4 francs par tonne et d'obtenir une extraction réelle de 80 à 85 % de la teneur des tailings.

Ces améliorations sont les suivantes :

Installations mieux agencées, emploi de cuves de grande capacité parfaitement étanches ;

Economie dans le remplissage et le déchargement ;

Emploi de solutions à titre plus faible ;

Meilleure utilisation de l'oxygène atmosphérique ;

Perfectionnement dans la précipitation de l'or ;

Perfectionnement des procédés de récolte et de fusion du précipité ;

Traitement des slimes.

M. Bousquet passe rapidement en revue ces divers points traités dans le rapport de MM. Williams et Pearce pour arriver aux grandes lignes du *traitement actuel* :

La pulpe sortant du moulin est élevée à une hauteur suffisante pour lui permettre de parcourir toutes les

(1) 1. dwt = 1,5 grammes.

phases du traitement par la gravité. Elle subit ensuite *une classification en concentrés, sables et slimes* à l'aide de spitzkasten et de caisses pointues. Cette classification est d'une importance primordiale dans le traitement ; c'est d'elle que dépend le degré de perfectionnement auquel on arrivera dans la dissolution ultérieure de l'or. Il convient, d'une part, de ne pas conserver de particules argileuses dans les sables et les concentrés, car leur présence arrêterait la filtration des solutions cyanurées et, d'autre part, de ne pas envoyer à l'atelier de traitement des slimes de particules siliceuses susceptibles de détériorer les pompes et les canalisations.

Les *concentrés* et les *sables* sont soumis au même traitement ; il est plus long pour les premiers, car il faut plus de temps à l'or des pyrites pour se dissoudre qu'à celui des sables. Déposés dans des cuves supérieures, en tôle, de grande capacité (400 tonnes), on leur fait subir un premier traitement par une solution faible à 0,05 % de cyanure (1). L'or dissous est entraîné par la solution filtrant au travers de la masse et s'échappant par la natte en fibre de cocotier au-dessus du double fond de la cuve. Un deuxième lavage se fait avec une solution forte (0,3 %). Après drainage, les matières sont transférées dans des cuves inférieures où l'on traite à nouveau, d'abord avec de la solution forte, puis avec de la solution moyenne et enfin avec de la solution faible, jusqu'au moment où il y a lieu de procéder au déchargement de manière à faire de la place pour une autre charge. La quantité totale de solution employée est d'environ une tonne par tonne de sables. Il est très important de s'assurer de l'écoule-

(1) On ne peut fixer les teneurs en cyanure théoriquement. Il faut dans chaque cas faire une série d'essais.

ment bien complet d'un lavage avant de commencer le suivant ; on obtient ainsi de meilleurs résultats, en particulier par suite de l'appel d'air qui en résulte dans la masse sableuse. Ces opérations de filtration sont souvent aidées par une pompe aspirante dans les cuves supérieures où le sable est fortement tassé.

Les *slimes*, par leur nature argileuse, ne permettent point l'emploi du même procédé de dissolution. Sans vouloir entrer dans des détails complets sur les données du problème et la solution actuellement adoptée, il convient cependant de remarquer qu'on se trouve en présence d'une masse liquide considérable, contenant environ de 28 à 30 tonnes d'eau par tonne de *slimes* secs, qui ne renferme que le $\frac{1}{10}$ de l'or contenu dans le

minerai primitif. Il y a donc lieu tout d'abord de précipiter ces *slimes* de manière à obtenir une boue argileuse à 50 % d'eau, ceci par addition de chaux ; la dissolution de l'or s'effectue ensuite par agitation de cette masse avec sept ou huit fois son volume de solution cyanurée, solution que l'on décante ensuite après repos. L'agitation nécessaire s'obtient en transférant la matière d'une cuve dans une autre à l'aide d'une pompe centrifuge. On donne en général, pour des *slimes* à teneur ordinaire (2 à 3 dwt par tonne), deux traitements successifs, après quoi la masse est évacuée aux dépôts des résidus. Dans une installation importante on aura donc trois séries de cuves : a) dépôt ; b) 1^{er} transfert, décantation ; c) 2^e transfert, décantation et envoi de résidus aux stériles. En travail courant, on procède de la façon suivante : de la première rangée ou cuves de dépôt, la pulpe est transférée dans les cuves de premier traitement, avec de la solution de deuxième traitement ; les liqueurs décantées étant envoyées à la précipitation. De là, la pulpe est trans-

férée dans la deuxième rangée de traitement avec de la solution venant des citernes, les liqueurs décantées servant au transfert d'une charge suivante de la 1^{re} rangée aux cuves de 1^{er} traitement. Après le 2^e traitement, la pulpe est évacuée aux dépôts de résidus par une chasse d'eau.

Pour des slimes plus riches, on fait passer à la précipitation toutes les liqueurs décantées, afin de diminuer les pertes d'or qui se produisent par la présence de la solution aurifère dans la pulpe rejetée comme résidu. Les solutions employées sont à 0,01 % de cyanure.

Nous passerons sous silence les détails de ces opérations pour arriver à la deuxième partie du travail, à la *précipitation de l'or des solutions cyanurées*.

Des trois procédés indiqués plus haut, le plus ancien en date, le *procédé Mac-Arthur Forest*, convient parfaitement pour la précipitation de l'or des solutions peu diluées ; la réaction du zinc sur laquelle est basée la méthode consiste en un déplacement mutuel, l'or se précipitant à l'état métallique sur les planures de zinc et au fond des caisses pendant que le zinc se dissout en combinaison avec le cyanure. La précipitation, convenable en solution concentrée, devient presque nulle si le titre des liqueurs s'abaisse, on est alors obligé de rajouter du cyanure dans les caisses à précipitation pour relever le titre des solutions. Cette pratique, peu coûteuse avec les solutions provenant du traitement des sables, serait au contraire très onéreuse avec les slimes où le volume des solutions est considérable. Il faut enfin remarquer que, avec des solutions concentrées, on a une plus grande consommation de cyanure et de zinc par décomposition.

Le *procédé Siemens* permet au contraire de précipiter l'or de solutions extrêmement diluées, il exige une moindre consommation de cyanure de potassium et

permet la précipitation des solutions provenant du traitement des slimes. De nombreuses controverses se sont élevées sur les mérites et les avantages respectifs de ces deux procédés, sans avoir abouti à une conclusion bien nette.

Dans le domaine de la pratique, il convient de citer l'expérience de plusieurs mois faite en 1898 à la Hourse Deep. Les deux procédés furent mis en marche concurremment et en même temps, une moitié de la pulpe provenant de la batterie étant traitée par le zinc, tandis que l'autre envoyait ses solutions aurifères à la précipitation Siemens.

Après 9 mois de travail, les résultats comparés n'indiquèrent pas de différence économique bien sensible. Comme d'autre part, le procédé Siemens était le seul appréciable pour le traitement des slimes, il est probable que malgré sa complication plus grande, il serait aujourd'hui seul employé, pour n'avoir qu'un seul procédé dans toute l'installation si le procédé *Betty* n'était venu modifier les conditions précédentes.

Nous avons dit qu'il consistait à employer des planures de zinc enrobées par une mince pellicule de plomb obtenue par une immersion de zinc dans un bain d'acétate de plomb. On fait en même temps arriver un filet de solution fraîche de cyanure de potassium dans les caisses à précipitation. Celles-ci sont les mêmes que dans le procédé Mac-Arthur Forest. Comparé au procédé Siemens, il présente certains avantages qui seraient :

- a Précipitation plus complète et plus rapide.
- b Diminution des frais d'installation.
- c Suppression des appareils électriques.
- d Diminution du volume des caisses à précipitation.
- e Economie dans le prix de revient.
- f Pas de redevance.

En revanche, il a l'inconvénient de nécessiter le transport du zinc d'une caisse à l'autre. Lorsque l'action utile du zinc cesse pour la solution diluée provenant des slimes, il faut en effet l'employer pour la précipitation des solutions plus fortes venant des sables ou des concentrés, et il en résulte l'impossibilité de contrôler d'une façon précise les opérations. En outre, on doit faire un nettoyage fréquent des caisses, et enfin il n'est pas prouvé que le rendement soit plus élevé.

Quoi qu'il en soit, et sans pouvoir s'étendre sur ces questions étudiées en détail dans nos mémoires, le procédé Betty a gagné beaucoup de terrain et se trouve maintenant employé dans la majeure partie des installations de traitement.

La récolte de l'or a subi également des améliorations importantes. On traite les boues aurifères recueillies dans les caisses à précipitation par un lessivage à l'acide sulfurique et on envoie le tout dans un filtre-pressé. On se débarrasse ainsi du zinc et on obtient des gâteaux de précipité qui sont ensuite séchés puis mélangés à un fondant oxydant et mis au four dans des creusets à revêtement argileux. On arrive ainsi à désoxyder le plomb et les autres impuretés et à obtenir l'or brut à titre plus élevé.

Les procédés que nous venons d'exposer rapidement sont ceux dont l'emploi est maintenant général ; il nous reste à parler du *traitement des slimes accumulés* et de celui des solutions cyanurées de déchet ou de surplus qui font l'objet des rapports de M. Caldecott.

Cette question des slimes accumulés présente une importance assez grande dans le Rand, car la pratique courante du traitement des slimes au fur et à mesure de leur production ne date guère que de 1897. On

comprend qu'il reste par suite d'énormes masses de slimes non traités et susceptibles de rendement avantageux.

Les difficultés spéciales de ce traitement proviennent de l'irrégularité de composition des matières, de leur acidité, de la présence du sable ; à cela s'ajoute une dépense supplémentaire pour la reprise des slimes aux anciens stocks.

La décomposition des pyrites dans la masse argileuse, en présence de matières organiques acides et réductrices, donne naissance à une série de composés sulfurés, tels que des sulfures et des sulfates ferreux, de l'acide sulfurique et du sulfate ferrique basique. Les deux derniers se neutralisent par une addition de chaux assez considérable, et qui représente parfois 3 % de la matière traitée.

La neutralisation du sulfate ferreux donne des sulfures et de l'hydrate ferreux qui absorbent du cyanure. En faisant arriver un excès d'oxygène pendant le traitement, l'hydrate ferreux s'oxyde et ne détruit plus le cyanure ; quant au sulfure ferreux, on pourrait aussi l'oxyder par un brassage des matières en présence de l'air, mais il en résulterait une dépense et une perte de temps trop considérable pour l'économie de cyanure à réaliser. De même les produits chimiques oxydants sont d'un prix trop élevé de sorte qu'on est obligé de consentir à la perte de cyanure avec formation de ferro-cyanure de potassium dans la masse.

L'arrivée d'air indispensable au traitement se fait de diverses façons, soit en faisant tomber en pluie les matières en traitement, soit en faisant une agitation de la masse dans les cuves par un agitateur mécanique, avec des plaques inclinées à 45° fixées sur les parois des cuves, soit avec une injection d'air par des tuyaux perforés placés au fond de la cuve, soit en dirigeant un

jet d'air horizontal sur la pulpe tombant en nappe verticale, soit en combinant ces divers moyens et toujours en faisant une série de transferts par pompes centrifuges, à appel d'air.

Une installation de traitement comprend :

Une série de cuves où la pulpe se forme, par agitation avec de la chaux et de la solution de lavage final non précipitée ;

Une série de cuves de dissolution, avec agitateur et porte de décharge pour enlever les sables lourds ;

Une deuxième série de cuves de dissolution où la pulpe vient se déposer et où l'on décante les solutions, après quoi on opère un deuxième lavage, un deuxième transfert, et une nouvelle décantation. Une troisième opération analogue est effectuée dans la série des cuves de dépôt, très profondes afin d'amener les matières à contenir le moins de solution possible sous forme d'humidité, car la pulpe est ensuite évacuée par hydraulisation aux dépôts de résidus. Les solutions des deux premières décantations sont envoyées à la précipitation, tandis que la solution de troisième décantation est employée à la formation de la pulpe dans les premières cuves.

Telle est, succinctement, la marche suivie dans ces opérations. La consommation de cyanure est d'environ 1 litre par tonne de slimes secs. Toutes ces opérations décrites se font soit par gravité, soit mécaniquement, à l'exception du chargement initial qui nécessite l'emploi de wagonnets.

Nous avons vu dans les différentes opérations de traitement de la pulpe après amalgamation que l'on produit d'une façon continue des solutions de plus en plus faibles, contenant encore de l'or et du cyanure, mais qu'on est obligé de rejeter du travail courant faute de

place. M. Caldecott a imaginé un nouveau *procédé de traitement de ces solutions résiduelles* dont nous dirons ici quelques mots.

Ces solutions proviennent :

- a. De l'humidité des sables (15 % d'eau) ;
- b. De l'augmentation des lavages à l'eau, nécessités pour extraire la totalité de l'or ;
- c. Des infiltrations provenant des tas des tailings traités ;
- d. Des premiers drainages généralement rejetés ;
- e. De l'eau des réservoirs de slimes traités ;
- f. Des lavages à l'eau des slimes ;
- g. Des solutions devenues trop impures pour le traitement et contenant des sulfures, des matières organiques et des sels divers.

La méthode consiste à neutraliser l'alcali libre de la solution à traiter, à y ajouter ensuite une petite quantité d'un sel métallique pour précipiter tous les composés du cyanogène, à filtrer le liquide que l'on acidule légèrement pour en précipiter l'or par un procédé connu, par le couple zinc-plomb par exemple.

L'addition d'un acide dans une solution cyanurée aurifère produit généralement la précipitation de l'or, mais avec des solutions très pauvres ceci n'a pas lieu, l'or restant en dissolution sous forme d'acide auro-cyanhydrique.

M. Caldecott emploie, pour neutraliser l'alcali, le sulfate acide de soude à 29 % d'acide actif. C'est un résidu local de la fabrication de la dynamite ; le sel métallique s'obtient en faisant réagir l'acide sulfurique sur le zinc sans valeur des enveloppes des caisses de cyanure de potassium, on peut aussi employer le

sulfate de zinc produit dans le traitement des boues aurifères par l'acide sulfurique.

Nous ne pouvons pas suivre M. Caldecott dans les détails de son procédé, le matériel nécessaire est le même que dans toute autre usine à cyanuration, cuves de dépôt, cuves filtrantes, caisses à précipitation. Notons seulement cette particularité intéressante que la précipitation de l'or par le zinc se fait en milieu acide; en l'absence des composés de cyanogène, préalablement précipités, il ne se forme aucun enduit sur le zinc qui se trouve rapidement attaqué par l'acide, alors que dans la précipitation ordinaire la perfection et la rapidité de l'opération dépendent, dans une large mesure, de la quantité de cyanure libre contenue dans la solution.

Nous renvoyons pour le détail du procédé au rapport de M. Caldecott, en notant au passage ce fait intéressant que le prix de revient ne dépasse pas 0 fr. 60 par tonne de solution traitée, c'est-à-dire, que l'opération est rémunératrice pour toute liqueur contenant plus de 3 grains (0,2 grammes) d'or par tonne.

Les précautions particulières à employer dans la cyanuration des minerais contenant une quantité appréciable de cuivre ont fourni à M. Scrymgeour l'occasion d'exposer la méthode suivie dans le district de Lydenburg pour ces minerais cuivreux. Le cuivre se combine au cyanure en formant un cupro-cyanure $3 K Cy, Cu Cy$, aussi s'efforce-t-on d'opérer la dissolution avec un minimum de cuivre. Le cupro-cyanure normal possède la propriété de dissoudre une certaine quantité de cuivre en formant des sous-cyanures, de sorte qu'en traitant les sables par une solution provenant du travail courant, sans cyanure libre, mais contenant du cupro-cyanure normal, on dissout le cuivre

en excès que l'on précipite dans une caisse Siemens ; la solution peut servir pour une autre charge, et le traitement ordinaire s'applique ensuite.

Le cupro-cyanure, précipitant l'or dans un milieu réducteur, il y a lieu d'employer autant d'air que possible dans la dissolution. Les cuves de traitement doivent pour la même raison présenter peu de profondeur, de manière à toujours avoir des cyanures libres dans la solution. Dans le cas de tels minerais, la précipitation Siemens est la plus avantageuse ; d'une part elle permet d'employer des solutions très faibles, avec lesquelles l'or se dissout de préférence au cuivre, et en outre la précipitation du cuivre sur les bandes de plomb produit une véritable régénération de cyanure utile.

Avec la précision actuellement nécessaire dans les analyses des minerais, des tailings, des slimes et des diverses solutions, on comprend que les méthodes employées dans le Rand, ainsi que le matériel des chimistes, se soient très rapidement perfectionnés. Une erreur de quelques centigrammes par tonne dans une analyse est susceptible de fausser complètement les conclusions à en tirer au sujet de la conduite de l'extraction et des frais d'exploitation ; les diverses combinaisons cyanurées exigeaient de nouvelles méthodes d'analyses et de dosages, ainsi que l'examen des produits secondaires, scories, vieux creusets, etc.

En 1894, fut fondée à Johannesburg la Société Sud-Africaine de Chimie et de Métallurgie, dans le but de coordonner et de diriger les travaux des chimistes du Rand, de publier leurs découvertes, et il est juste de constater que les résultats obtenus ont été des plus satisfaisants. Un des présidents de cette Société, M. le D^r G. Lœvy, a exposé dans son mémoire les

méthodes actuellement employées, dont la valeur pratique est pleinement consacrée aujourd'hui. Nous ne pouvons pas suivre M. Lœvy dans ses développements, notons seulement au passage quelques particularités.

Dans l'essai par voie sèche des minerais, on fait l'addition d'argent de la mise en fusion, au lieu de faire l'inquartation après coupellation du culot de plomb ; on y trouve une économie très appréciable de temps.

Les balances employées, sensibles au $\frac{1}{20}$ de milligramme, permettent, avec 100 grammes de matières, de déterminer la présence de 0,30 grammes par tonne. L'analyse des concentrés se fait par voie sèche après un grillage préalable effectué au four à moufle chauffé au gaz. Ce grillage est conduit très lentement et répété de 2 à 4 fois, on arrive ainsi à éviter les pertes mécaniques tout en se débarrassant de la totalité du soufre.

La détermination de l'or dans les tailings, les slimes et les résidus, présente des difficultés spéciales en raison de la faible teneur de ces matières. On est obligé de diviser la masse de l'échantillon et de la répartir dans quatre creusets, les quatre bentons étant recuits ensemble dans l'acide azotique. On arrive à déterminer ainsi 0,12 grammes d'or par tonne. Il résulte des expériences spéciales faites par le D^r Lœvy que, dans l'analyse par voie sèche ainsi conduite, les sels d'or solubles, cyanures doubles que l'on trouve dans les slimes et les solutions cyanurées aurifères, sont entièrement réduits et que l'or se retrouve tout entier à l'état métallique dans le culot de plomb.

L'or produit au Witwatersrand provient pour la plus grande partie des plaques à amalgamation. Cet or est d'une pureté remarquable, contient de 77 à 85 % d'or,

de 3 à 12 % d'argent avec quelques centièmes de fer et de cuivre et des traces accidentelles d'autres métaux.

L'or obtenu dans la précipitation par le zinc est au contraire assez impur, son titre n'est que de 600 à 700 millièmes et il renferme de notables quantités de zinc, de fer, de plomb et de cuivre.

Le procédé Siemens donne par contre des lingots d'une grande finesse (0,890 à 0,900) et ne contient que de petites quantités de plomb et de cuivre. Dans les lingots obtenus par le procédé au zinc, on observe une très grande irrégularité de répartition de l'or. On obtient toujours une teneur plus élevée en échantillonnant la masse fondue, la différence pouvant atteindre 0,005.

Afin d'obtenir l'unité désirable dans la détermination de la teneur en or fin de lingots, la Chambre des Mines a fait établir par une commission de chimistes une méthode-type dont on trouvera le détail dans le rapport de M. Lœvy.

A côté des analyses de minerais et de résidus, le contrôle analytique des opérations exige encore l'analyse du cyanure de potassium et des solutions cyanurées aurifères.

Le cyanure commercial est un mélange de cyanure de potassium et de sodium en proportions variables, il est garanti contenir 39 % Cy. L'analyse comprend la détermination de la teneur en K Cy et la détermination des sulfures.

Pour les solutions cyanurées aurifères, les principales déterminations portent sur l'alcali total, l'alcali courant, l'oxygène, les combinaisons cyanurées et l'or. L'alcali total représente la teneur en KOH d'une solution cyanurée en combinaison alcaline, tandis que l'alcali courant (*protective alkali*) est la quantité d'alcali en excès ajoutée à la solution pour éviter l'attaque de

cyanure de potassium par l'acide carbonique de l'air, l'acide sulfurique, les sels basiques de fer, etc.

Nous ne suivrons pas, faute de temps suffisant, M. Lœvy dans l'exposé des méthodes intéressantes qu'il donne dans son mémoire, et nous terminons ici ce court aperçu des travaux que leurs auteurs, ne pouvant assister au Congrès, m'ont chargé de présenter.

M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE. — Vous voudrez bien leur reporter tous nos remerciements et toute notre sympathie. Nous vous remercions vivement vous-même.

M. le PRÉSIDENT donne connaissance d'une lettre par laquelle M. Pelatan exprime ses vifs regrets de ne pouvoir, par suite d'une indisposition, venir lui-même présenter et exposer son rapport sur le *traitement électro-chimique des minerais d'or*.

Sur la demande de M. Pelatan, appuyée par M. le Président, l'Assemblée décide la publication de ce mémoire aux annexes de la séance (1).

M. LEVAT. — Messieurs, vu l'heure avancée, je serai bref et je vous prierai de vous reporter, pour les détails du sujet que je vais traiter, au mémoire que j'ai déposé sur le bureau (2).

Je veux vous entretenir également de l'extraction de l'or, mais à un point de vue tout autre que celui auquel se plaçait M. Bousquet. Il vous a parlé des filons, je vais vous conduire sur les placers. On peut, en effet, envisager la question sous différentes formes. Le fait même que le présent Congrès a inscrit la question de l'or, son traitement, son extraction à son ordre du jour,

(1) Voir ce mémoire en annexe à la séance, page 679.

(2) Voir ce mémoire en annexe à la séance, page 693.

montre l'importance que l'industrie aurifère, envisagée sous ses aspects multiples, a prise en ces derniers temps. Je ne parlerai donc ni des filons, ni de la cyanuration ; c'est sur l'or extrait des alluvions que j'appellerai un instant votre attention.

Je m'occupe de l'exploitation des placers depuis un grand nombre d'années, dans des pays divers, spécialement dans la Sibérie orientale et d'autre part dans des pays tropicaux, en Guyane. Il y a dans ces pays beaucoup de placers, c'est-à-dire de couches superficielles où l'or est à l'état natif, mélangé avec du sable. L'exploitation y est encore très rudimentaire. C'est d'ailleurs le cas général dans la plupart des placers. Ceux moyennement accessibles sont déjà exploités depuis longtemps. La France elle-même a eu des placers ; par exemple dans l'Ariège, où je me souviens avoir vu encore travailler des orpailleurs. Dans les pays neufs, il faut faire face aux difficultés de ravitaillement et à l'envoi, soit de main-d'œuvre, soit d'appareils perfectionnés.

Ceux que j'ai contribué à introduire en Sibérie et que j'installe en ce moment en Guyane sont des dragues à or perfectionnées dont tous les détails sont étudiés pour en faire des appareils qui, contrairement à ce qu'enseignent certains ouvrages classiques un peu attardés, ont fait leur preuve dans nombre de pays et sont maintenant d'un emploi courant. Il faut dire, pour être juste, que le dragage de l'or, et plus généralement l'extraction des alluvions au moyen d'appareils mécaniques, est une industrie toute récente. En effet, ce n'est que depuis 10 ans environ que le mouvement en faveur de l'emploi de la drague a pris naissance dans la Nouvelle-Zélande où il y a des rivières aurifères, animées d'un courant assez rapide pour permettre l'emploi de cuillers actionnées par roues pendantes. Tel a été, en effet,

l'embryon de la drague d'or. J'ai vu encore en 1886 une drague de ce genre fonctionner dans la Clyde.

En Sibérie, de nos jours encore, les orpailleurs clandestins opèrent avec des dragues à bras. Maintenant, on emploie des moteurs à vapeur et même, dans certains cas, électriques. Vous verrez dans mon mémoire des exemples nombreux de dragues, qui vous initieront aux conditions dans lesquelles ces appareils travaillent. On se sert de dragues papillonnant sur piquet fixe, et non pas se déplaçant comme d'habitude au moyen de cinq chaînes, ce qui leur permet difficilement de revenir exactement à leur point de départ, d'où perte d'une partie utile de l'alluvion. Ces dragues pivotent sur un axe vertical qu'on peut manœuvrer du bord. Pour avancer après qu'on a terminé une passe, l'opération est des plus simples. Supposons qu'on papillonne sur le piquet bâbord (n° 1), on incline de 30° à bâbord et on mouille le piquet tribord. Puis on relève le piquet bâbord, on incline de 30° à tribord, on mouille le n° 1, on relève le piquet tribord et la drague se trouve avancée automatiquement de la quantité voulue. Ce point a une grande importance, car c'est le seul moyen de dépouiller d'une manière certaine le bed-rock et les parties qui l'avoisinent de l'alluvion la plus riche, qui s'y trouve concentrée.

Un second point important, c'est le classement et le lavage des matières.

Les premiers appareils péchaient par un débourbage insuffisant et une surface trop faible pour l'écoulement des matières préalablement diluées dans dix fois leur volume d'eau. Le grand principe dans le lavage sur drague, c'est de commencer, après un débourbage énergique, par séparer, au moyen d'un grand trommel, toutes les pierres stériles qu'on rejette aussitôt dans l'eau. On fait deux classements des matières : un dans

le trommel élimine toutes les pierres au-dessus de 15 millimètres ; le second s'opère au moyen d'un « under current », simple grille inclinée qui rejette à l'eau tout ce qui est inférieur à 5 millimètres et ne laisse passer sur les tables d'amalgamation ou sur les tapis (Cocoa nect mattine des Anglais) que les boues fines. Les procédés varient à l'infini. Le principal consiste en un tapis, recouvert, pour récupérer l'or fin dans cette dernière partie, d'appareils de fil de fer, pour éviter l'usure.

La capacité de production des dragues à or va sans cesse en augmentant. On n'est arrêté, dans les pays neufs, que par les difficultés de transport des pièces lourdes. Dans les pays où on ne peut accéder qu'en canot indigène ou par mulets, on ne dépasse guère 150 kilos comme poids maximum des pièces. Cela correspond à des godets ayant 60 à 65 litres de volume, donnant pour la drague un débit de 50 mètres cubes par heure. On construit couramment des dragues débitant 100 mètres cubes par heure ; dans ces conditions, on peut traiter avec profit des matières ayant une teneur en or réellement infime.

Dans les rivières Néo-Zélandaises, le prix de revient du dragage traité ne dépasse pas 15 à 20 centimes par mètre cube d'alluvion. Quand on est arrivé à des chiffres aussi bas, on comprend qu'on puisse aborder des alluvions ne contenant que 0 fr. 50 d'or au mètre cube et en faire encore de beaux profits. Ces prix ne comportent, il est vrai, aucun amortissement, ce dernier varie suivant le volume total d'alluvions sur lequel la drague doit travailler. Il est donc essentiellement variable suivant les conditions dans lesquelles on emploie l'appareil. Les alluvions à 50 centimes le mètre cube, à moins qu'elles ne soient situées de manière à être traitées par la méthode hydraulique, sont sans

valeur au point de vue de l'exploitation par les procédés ordinaires du sluice alimenté à bras.

Il y a donc un immense champ à exploiter de ce chef. Naturellement, il est préférable de commencer par les pays plus riches. Dans les pays tropicaux où la main-d'œuvre est mauvaise et paresseuse, ces appareils sont appelés à remplacer complètement, dans la plupart des cas, les procédés manuels actuellement en usage.

Je tenais à vous signaler l'état actuel de cette industrie parce qu'elle est appelée à un grand développement. J'en ai été le promoteur tant à l'étranger que dans une colonie française. Vous serez sans doute bien aises d'être mis à même d'apprécier par les résultats obtenus l'avenir qui lui est réservé.

Je me borne à ces quelques mots, en vous renvoyant à mon mémoire pour les détails de ces intéressantes opérations (*Applaudissements*).

La séance est levée à 4 heures.

M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE invite les congressistes à se joindre à l'autre section pour assister à la réunion générale de clôture.

ANNEXE N° 1

**Annexe à la communication faite le 23 juin 1900
au Congrès de la Métallurgie.**

Par M. Eug. VANDERHEYM, ingénieur du Contrôle
de la Compagnie P.-L.-M.

Dès l'année 1891, la Compagnie P.-L.-M., qui avait décidé de remplacer les essieux en fer de son matériel par des essieux en acier, et les bandages en fer du matériel à voyageurs par des bandages en acier, prescrivait à ses fournisseurs, sur l'avis de son service du Contrôle, le recuit de ces pièces par le procédé avec chute brusque de température.

L'expérience avait démontré la supériorité de ce mode de recuit sur le recuit habituel avec refroidissement lent dans le four. L'essai suivant avait mis en évidence d'une façon précise cette supériorité.

Cinq barrettes : A, B, C, D, E, ayant été découpées à froid dans un essieu d'acier demi-dur, et ayant pour dimensions, $75 \times 24 \times 9^{\text{mm}}$, ont été incisées à plat de 1^{mm} et encastrées de 24^{mm} , le restant de la barrette, soit 51^{mm} , étant libre ; puis, sur l'extrémité de cette partie libre, on a fait agir un mouton de 10 kilos tombant de 250^{mm} .

Les barrettes, sauf la première restée à l'état naturel, avaient subi préalablement les traitements indiqués dans la 2^{me} colonne du tableau suivant.

Voici quels ont été les résultats constatés :

DÉSIGNATION des barrettes	MODE DE RECUIT DES BARRETTES	NOMBRE de coups de mouton avant la rupture
A	Pas de recuit. Etat naturel.....	3 coups
B	Chauffée au rouge cerise clair. Sortie du four et refroidie à l'air.....	10 »
C	Chauffée au rouge cerise clair. Sortie du four après chute de tempé- rature de 200° et refroidie à l'air..	8 »
D	Même traitement mais refroidis- sement sous la chaux.....	8 »
E	Chauffée au rouge cerise clair et refroidissement lent dans le four pendant 12 heures.....	3 »

De nouvelles expériences plus complètes ont été faites sur des blooms obtenus en étirant au pilon des tronçons d'essieux de différentes provenances : E, F, G, H.

Pour chaque provenance, l'un des blooms n° 1 a été laissé à l'état naturel.

Le second n° 2 a été recuit à la volée, c'est-à-dire avec refroidissement brusque à l'air libre.

Le troisième n° 3 a été recuit par le procédé avec refroidissement lent et complet dans le four.

Puis, dans chacun des blooms, on a découpé à froid :

1° Une éprouvette de traction de 20 mm de diamètre pour rechercher la résistance élastique, la résistance à la rupture et l'allongement à la rupture (éprouvette n° 1).

2° Une éprouvette à section carrée de 20 × 20 mm pour mesurer la raideur (éprouvette n° 2).

3° Une éprouvette au choc avec incision de 20 × 20 mm pour apprécier la fragilité (éprouvette n° 3).

La limite élastique des éprouvettes n° 1 a été mesurée par l'élasticimètre de MM. Néel et Clermont.

La fragilité a été mesurée par la méthode de M. Barba, ingénieur en chef des usines du Creusot, à laquelle nous avons apporté les modifications suivantes :

Les incisions, au lieu d'être faites au burin qui modifie la texture du métal sur une certaine profondeur variant avec sa nature, ont été obtenues à l'aide d'un outil en acier chromé à coupe triangulaire. De plus, comme il est fort difficile de raccorder exactement les incisions faites sur les quatre faces de la barrette à l'étau linceur et qu'on est exposé, par suite, à des causes d'erreur, nous avons remplacé les incisions rectilignes par une incision circulaire faite au tour, qui laisse une section de matière de surface constante.

Nous avons adopté la méthode Barba de préférence à la méthode d'essai au choc du barreau posé sur deux appuis, parce que des expériences précises nous ont démontré que ce dernier mode d'essai produit sur le barreau une élévation sensible de température qui fausse les résultats. L'essai au choc sur deux appuis a en outre ce sérieux inconvénient qu'une partie notable de la force vive du mouton est dépensée à produire la flexion du barreau et que celle-ci étant variable avec la dureté du métal, les résultats obtenus ne sont pas comparables au point de vue unique de la fragilité proprement dite.

Dans la méthode Barba, où l'on mesure la fragilité par la hauteur de chute du mouton qui amène la rupture immédiate du tronçon incisé, le même inconvénient n'existe qu'à un degré bien moindre.

Les tableaux ci-dessous, qui résument les résultats obtenus dans ces diverses expériences, font ressortir nettement les avantages du recuit avec chute de température sur le recuit avec refroidissement lent dans le four.

Dans ces tableaux : la lettre N indique que le métal a été laissé à l'état naturel. La lettre C indique que le métal a été recuit avec chute. La lettre L indique que le métal a été recuit avec refroidissement lent dans le four.

1° Essais des éprouvettes de traction.

PRO- VENANCE	RECUIT	LIMITE élastique	RÉSIS- TANCE par mm^2	ALLON- GEMENT pourcent	STRIC- TION
E	N	22,4	44.9	24	54.9
	C	24,4	46.1	24.6	55.5
	L	19,2	42.4	25.9	52.6
F	N	22,4	44.4	21.75	58.2
	C	23,2	45.9	27.75	55.5
	L	20,0	41.6	27.5	58.8
G	N	22,4	46.6	19.75	58.2
	C	24,0	48.7	25.25	56.2
	L	21,6	44.5	24.5	52.8
H	N	22,4	46.1	26.0	55.5
	C	22,4	45.7	24.5	56.2
	L	19,2	42.4	26.5	58.8

On voit que pour la résistance à la rupture, comme pour la limite élastique, la supériorité revient au recuit avec chute de température, et que les allongements à la rupture sont sensiblement les mêmes pour les deux modes de recuit.

2° Essai de raideur sur les barreaux non incisés.

Poids du mouton..... 25 kilos

Distance des appuis..... 160^{mm}Section des éprouvettes..... 20×20^{mm}

PROVENANCE	RECUIT	DÉFORMATION après un coup de mouton valeur de $\frac{\alpha}{\alpha_0}$
E	N.....	75°,5
	C.....	68°,0
	L.....	71°,5
F	N.....	71°,0
	C.....	68°,0
	L.....	72°,0
G	N.....	64°,0
	C.....	64°,0
	L.....	69°,0
H	N.....	68°,0
	C.....	68°,0
	L.....	71°,0

Là encore, on voit qu'au point de vue de la déformation permanente sous l'action d'un choc, l'avantage est encore au recuit avec chute sur le recuit avec refroidissement lent.

3^e Essai au choc des barreaux incisés (Méthode Barba)(Mouton de 25^e, porte à faux du tronçon incisé, 25^e/m)

PROVENANCE	RECUIT	HAUTEUR DE CHUTE
		minima ayant provoqué la rupture
E	N.....	440 m/m
	C.....	400 m/m
	L.....	200 m/m
F	N.....	300 m/m
	C.....	450 m/m
	L.....	160 m/m
G	N.....	400 m/m
	C.....	550 m/m
	L.....	250 m/m
H	N.....	300 m/m
	C.....	400 m/m
	L.....	150 m/m

Dans ces expériences, encore plus que dans les précédentes, on reconnaît la supériorité du recuit avec chute; ces résultats ont une réelle importance, parce que les pièces du matériel roulant de chemin de fer sont continuellement soumises à des trépidations et à des chocs, et qu'à ce point de vue, la résistance au choc est une qualité précieuse.

M. l'Inspecteur général du Génie maritime Godron a présenté à la Commission des Méthodes d'essai un mémoire de M. Auscher, ingénieur des Constructions navales, qui fait ressortir les avantages qu'on retire de la trempe des aciers mi-durs et doux. Les résultats des expériences relatées dans ce mémoire sont en complet accord avec la théorie de Tchernoff, de même que ceux que nous indiquons ici. Ils conduiraient à adopter la

trempe de préférence au recuit avec chute, parce que l'amélioration des qualités de résistance du métal est plus accentuée qu'avec ce recuit. Malgré cela, la Compagnie P.-L.-M. a opté pour le recuit avec chute parce que la trempe, beaucoup plus brutale, produit des tensions qui peuvent amener des tapures dans les pièces, lorsque ces tensions se développent dans des régions où il existe des défauts d'homogénéité ou lorsque les pièces présentent des changements brusques de section.

La rupture de la tige de piston du *Bruix* en est un exemple.

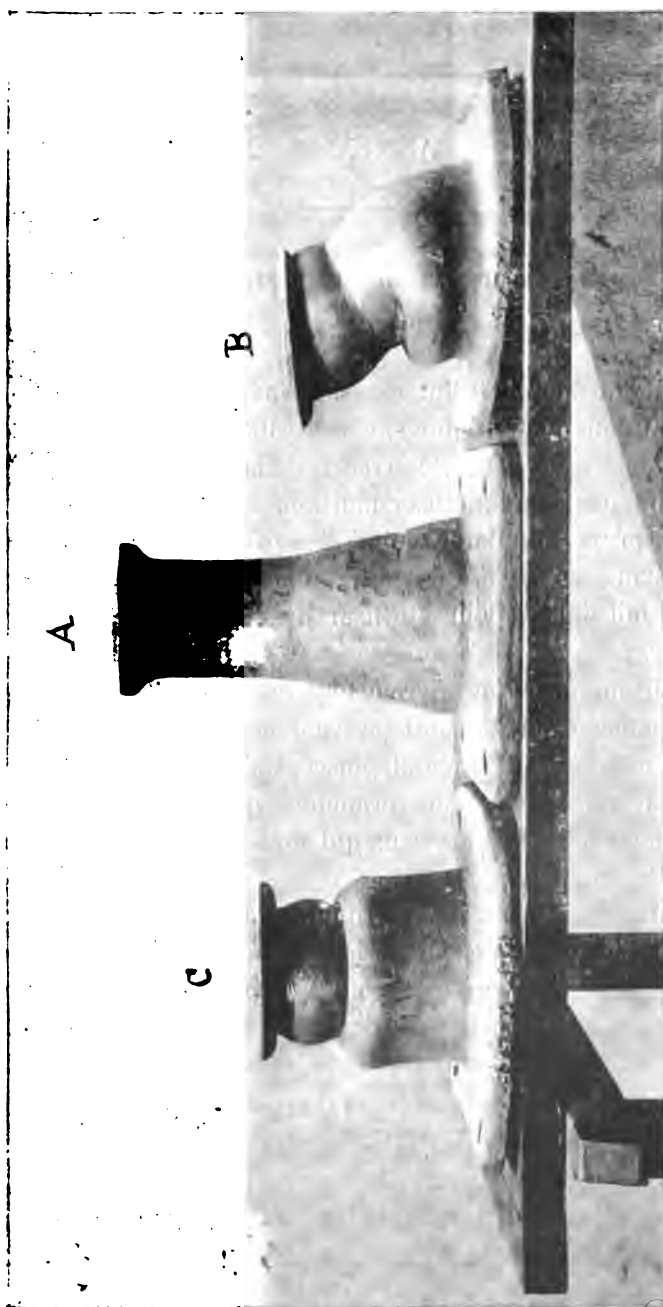
C'est dans le même esprit que la Compagnie P.-L.-M. a proscrit le recuit à la volée, avec refroidissement brusque à l'air libre, pour toutes les pièces qui par leur forme sont susceptibles de donner lieu à des tensions pendant le refroidissement, comme par exemple les pièces en acier moulé où des parties massives sont réunies par des toiles ou des nervures beaucoup plus minces et dont le refroidissement est, par suite, bien plus rapide. Pour les pièces de ce genre, elle demande le recuit avec chute brusque dans le four jusqu'au rouge sombre et refroidissement complet dans le four; cela permet aux tensions de s'équilibrer et de produire lentement leur effet sur un métal encore chaud et suffisamment plastique.

Les avantages démontrés du recuit avec chute ont permis d'obtenir des pièces en acier moulé d'une remarquable résistance au choc.

L'acier moulé, plus encore que l'acier forgé, bénéficie du recuit avec chute, parce qu'il est coulé à une température extrêmement élevée, qu'il se refroidit tranquillement et que la formation des cristaux étant ainsi favorisée, il présente avant le recuit une texture lamelleuse et rayonnante qui le rend relativement fragile au choc. On peut dire que sans le recuit avec chute qui trans-

forme complètement cette texture, il donnerait des pièces qui ne rendraient que très partiellement les services qu'on attend de leur emploi.

Nous avons joint à cette annexe une reproduction photographique de faux tampons en acier moulé, qui ont été recuits par le procédé avec chute, puis essayés au mouton et qui fait bien voir quelle résistance au choc et quelle malléabilité l'acier coulé acquiert par ce procédé de recuit.



ANNEXE N° 2

L'aluminium en électricité (1).

Par M. G. CHARPENTIER-PAGE, de Valdoie (Territoire de Belfort).

Il me semblait intéressant d'avoir une étude aussi complète que possible sur les résultats que l'on pourrait obtenir en électricité avec les fils d'aluminium et de connaître dans quelles conditions se trouvent modifiées les propriétés de ce métal lorsqu'on l'allie à d'autres métaux susceptibles de lui donner la résistance qui lui fait défaut pour l'utiliser avantageusement à l'état pur.

Je me suis donc livré à tout une série d'expériences répétées et suivies qui peuvent constituer une espèce de gamme fondamentale susceptible de servir comme base aux différentes branches qui se rattachent à l'électricité et aider ceux qui font des recherches dans cette voie.

J'ai donc cru utile de grouper, dans cette petite note, toute la série de ces expériences qui ont été faites, pour la plupart, avec l'obligeant concours du Laboratoire technique d'électricité de la Câblerie à la Société Alsacienne de constructions mécaniques (Usine de Belfort) que je suis heureux de remercier.

De l'ensemble des différents tableaux qui suivent, il se dégage clairement ce principe que la conductibilité des alliages d'aluminium est à peu près proportion-

(1) Reproduction d'une note publiée en mars 1896.

nellement inverse à l'augmentation de résistance mécanique, et que lorsqu'on allie deux métaux dont la conductibilité est réciproquement 60 et 100, une faible quantité de l'un des métaux incorporés dans l'autre altère notablement les propriétés physiques et donne une conductibilité notablement inférieure à celle du plus mauvais conducteur dont le tableau ci-après donne un résumé très éloquent :

	Conductibilité électrique	Résistance mécanique
Cuivre	100	25 k ^{os}
Aluminium pur.....	62	23
Alumin. 97. Cuivre 3.....	49	25
Alumin. 94. Cuivre. 6....	44	43
Alumin. 90. Cuivre. 10...	13	64

Il ressort clairement de ce résumé que l'aluminium, qui est fréquemment employé en métallurgie comme désoxydant, ne vaudrait absolument rien pour purifier le cuivre destiné à l'électricité, et son emploi pour cette opération exposerait à de graves déceptions.

De même, il ne serait pas prudent d'avoir une usine fabriquant ensemble des fils de cuivre et d'aluminium, car il serait matériellement impossible d'éviter les mélanges dans le traitement des déchets et on obtiendrait, pour le cuivre comme pour l'aluminium, des produits fatalement de qualité inférieure.

L'énumération de ces différentes considérations conduit à conclure que l'aluminium, en télégraphie ou en électricité, n'aura que des applications restreintes et limitées, en supposant même que le métal se comporte bien au point de vue atmosphérique soit comme dilatation, soit comme durée, points sur lesquels de prochaines expériences permettront d'être complètement fixé.

En admettant que le prix des fils d'aluminium soit

de 5 fr. le kilogr., cela correspond à du cuivre qui vaudrait 1 fr, 65, prix qui permettrait de rivaliser si la conductibilité était équivalente, mais comme celle-ci n'est que d'environ 62 %, il faudrait donc employer une section près du double de celle du cuivre, et alors le prix se trouve tellement modifié qu'il n'est plus possible de songer à substituer un métal à l'autre. Par contre, avec des fils d'alliage d'aluminium donnant une résistance mécanique de 40 kilog. minimum, la conductibilité est équivalente à celle des fils de bronze phosphoreux, et comme le poids est au moins 3 fois moindre, on aurait des lignes plus légères et dont le prix serait sensiblement le même ; c'est donc dans cette voie que l'application de l'aluminium pourrait trouver quelques nouveaux débouchés. Peut-être cette étude sommaire en fera-t-elle surgir d'autres ! Je le souhaite bien vivement, mon but étant surtout de vulgariser les emplois de ce nouveau métal et je serai toujours fier et heureux d'y avoir contribué pour ma faible part.

N. B. — C'est à la suite de ces expériences que l'administration des Postes et Télégraphes a décidé d'établir une ligne d'essai dont l'exécution a été confiée à l'usine de Valdoie. Cette ligne sera prochainement installée à Paris afin de pouvoir se rendre compte de sa durée aux actions atmosphériques.

ALUMINIUM PUR

Fil recuit. — Diamètre 2 millimètres

Densité 2,688

Résistance électrique par mètre..... ohm	0.00919
Résistance électrique par kilomètre et par millimètre carré..... ohms	28 86
Les essais faits à une température de 22° correspondant pour le cuivre à 17.9 ohms, la conductibilité comparée est de.....	62 %

ESSAIS MÉCANIQUES

	1 ^{er} Essai	2 ^e Essai	3 ^e Essai
Longueur d'essai.....	110	110	110
Allongement en millimètres.....	36	35	34.5
Charge à la rupture..... kgs	32.70	33.2	33.2
Charge par millimètre carré.. kgs	10.5	10.57	10.57
Allongement %.....	32.7	31.8	31.3
Moyenne de la charge de rupture..... kgs			10.920
Moyenne de l'allongement %.....			31.9
Conductibilité : 62 % du cuivre.			

ALUMINIUM PUR

Fil dur. — Diamètre 2 millimètres

Densité 2,694

Résistance électrique par mètre..... ohm	0.00928
Résistance électrique par kilomètre et par millimètre carré..... ohms	29.15
Les essais faits à la température de 22° correspondent pour le cuivre à 17.9 ohms, la conductibilité comparée est de.....	61.4 %

ESSAIS MÉCANIQUES

	1 ^{er} Essai	2 ^e Essai	3 ^e Essai
Longueur d'essai.....	110	110	110
Allongement en millimètres.....	4.5	4.5	4
Charge à la rupture..... kgs	72	72.7	72.5
Charge par millimètre carré.. kgs	22.90	23.14	23.05
Allongement %.....	4	4	3.6
Moyenne de la charge de rupture..... kgs			23.030
Moyenne de l'allongement %.....			3.87
Conductibilité : 61.4 du cuivre.			

ALUMINIUM 97. — CUIVRE 3

Fils recuits. — Diamètre 2 millimètres

Densité 2,737

Résistance électrique par mètre..... ohm	0.01144
Résistance électrique par kilomètre et par millimètre carré..... ohms	35.83
Les essais faits à la température de 22° correspondent pour le cuivre à 17.9 ohms, la conductibilité comparée est de.....	49.99 %

ESSAIS MÉCANIQUES

	1 ^{er} Essai	2 ^e Essai	3 ^e Essai
Longueur d'essai.....	110	110	110
Allongement en millimètres.....	23.5	23.5	25
Charge à la rupture..... kgs	64.50	64.5	65.10
Charge par millimètre carré.. kgs	20.54	20.38	20.76
Allongement %.....	21.3	21.3	22.7
Moyenne de la charge de rupture..... kgs			20.560
Moyenne de l'allongement %.....			21.7
Conductibilité : 49.99 du cuivre.			

ALUMINIUM 97. — CUIVRE 3

Fils durs. — Diamètre 2 millimètres

Densité 2,742

Résistance électrique par mètre..... ohm	0.01145
Résistance électrique par kilomètre et par millimètre carré..... ohms	35.96
Les essais faits à la température de 22° correspondent pour le cuivre à 17.9 ohms, la conductibilité comparée est de.....	49.77

ESSAIS MÉCANIQUES

	1 ^{er} Essai	2 ^e Essai	3 ^e Essai
Longueur d'essai.....	110	110	110
Allongement en millimètres.....	5	4	4.5
Charge à la rupture..... kgs	111	111	109
Charge par millimètre carré.. kgs	35.3	35.3	34.7
Allongement %.....	4.5	3.6	4
Moyenne de la charge de rupture..... kgs			35.100
Moyenne de l'allongement %.....			4.03
Conductibilité : 49.77 du cuivre.			

ALUMINIUM 94. — CUIVRE 6 S. M.

Fil recuit. — Diamètre 2 millimètres

Densité 2,818

Résistance électrique par mètre..... ohm	0.01205
Résistance électrique par kilomètre et par millimètre carré..... ohms	37.84
La résistance du cuivre à la même température, 19°, étant 17.6, la conductibilité comparée est de.....	46.5 %

ESSAIS MÉCANIQUES

	1 ^{er} Essai	2 ^e Essai	3 ^e Essai
Longueur d'essai.....	105	105	105
Longueur à la rupture.....	122	124	146
Charge à la rupture..... kgs	78	75	73.5
Charge par millimètre carré... kgs	24.8	23.8	23.4
Allongement total.....	17	19	21
Allongement %.....	16.2	18	16.8
Moyenne de la charge de rupture.....			24
Moyenne de l'allongement %.....			17
Conductibilité : 46.5 % du cuivre.			

ALUMINIUM 94. — CUIVRE 6 S. M.

Fil dur. — Diamètre 2 millimètres

Densité 2,827

Résistance électrique par mètre..... ohm	0.01290
Résistance électrique par kilomètre et millimètre carré..... ohms	40.51
La résistance du cuivre à la même température, 19° étant de 17,6, la conductibilité comparée est de..	43.44 %.

ESSAIS MÉCANIQUES

	1 ^{er} Essai	2 ^e Essai	3 ^e Essai
Longueur d'essai.....	105	106	105
Longueur à la rupture.....	108	108.5	108
Charge à la rupture..... kgs	142	135	135
Charge par millimètre carré.....	45.200	42.900	42.900
Allongement total.....	3 m/m	2.5 m/m	3 m/m
Allongement %.....	2.8	2.3	2.8
Moyenne de charge à la rupture.....			43.66
Moyenne de l'allongement %.....			2.6
Conductibilité : 43.44 % du cuivre.			

ALUMINIUM 94. — CUIVRE 6

Fil dur. — Diamètre 2 millimètres

*Densité 2,827**Essais faits par l'administration des postes et télégraphes*

Conductibilité	41.8 % .
Charge par millimètre carré..... kgs	42
Allongement à la rupture.....	1.1 %.
Nombre de pliages sur un arrondi de 6 millimètres	4 et 5

ALUMINIUM 10 % — CUIVRE 90

Fil dur. — Diamètre 1,6 millimètres

Densité 8,2

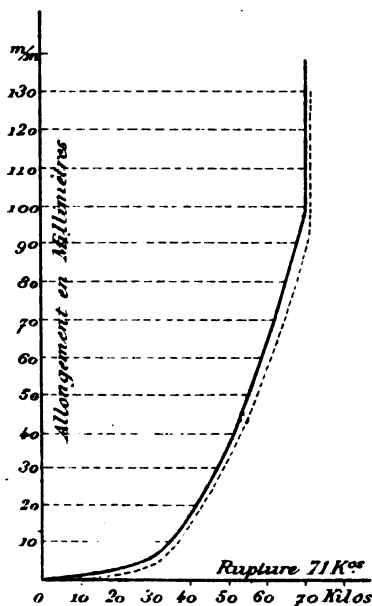
Résistance électrique par mètre..... ohm	0.668
Résistance électrique par kilomètre et par millimètre carré..... ohms	133.60
Température d'essai, 18°.	
Le cuivre ayant 17.5 ohms, la conductibilité comparée de l'alliage est de.....	13.15 %

ESSAIS MÉCANIQUES

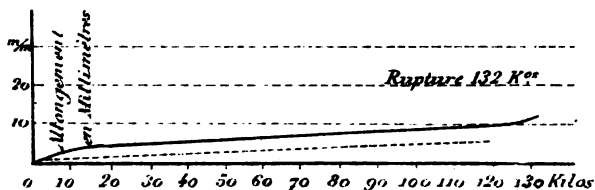
	1 ^{er} Essai	2 ^e Essai
Longueur d'essai.....	0.100	0.100
Longueur à la rupture.....	130	128
Charge à la rupture..... kgs	129	128
Charge par millimètre carré.....	64.500	64
Allongement pour %.....	30	28
Moyenne de la charge de rupture.....		64.250
Moyenne de l'allongement.		29 %
Conductibilité : 13.15 % du cuivre.		

**Graphiques des courbes de traction de fils d'aluminium
à 6 % de cuivre.**

Les courbes pleines représentent les allongements sous les charges. Les courbes pointillées représentent les allongements permanents après suppression complète des tractions.



FIL RECUIT MOU
Longueur d'essai 1 mètre.



FIL DUR ÉCROUI
Longueur d'essai 1 mètre.

ALLIAGE SPÉCIAL D'ALUMINIUM

Fil recuit. — Diamètre 2 millimètres

Densité 2,96

Résistance électrique par mètre..... ohm	0.01577
Résistance électrique par kilomètre et millimètre carré..... ohms	49.5
La résistance du cuivre à la même température 15° étant 17.4, la conductibilité comparée est de.....	35.1 %

ESSAIS MÉCANIQUES

	1 ^{er} Essai	2 ^e Essai	3 ^e Essai
Longueur d'essai.....	105	105	105
Charge de rupture..... kgs	100	98.85	97
Charge par millimètre carré... kgs	31.847	31.480	30.89
Allongement.....	24.5	23.5	25.50
Allongement %.....	23.3	22.4	25.20
Moyenne de la charge de rupture.....			31.406
Moyenne de l'allongement %.....			23.97
Conductibilité : 35.1 % du cuivre.			

ALLIAGE SPÉCIAL D'ALUMINIUM

Fil dur. — Diamètre 2 millimètres

Densité 2,98

Résistance électrique par mètre..... ohm	0.01598
Résistance électrique par kilomètre et par millimètre carré..... ohms	50.17
La résistance du cuivre à la même température, 15° étant 17.4, la conductibilité comparée est de....	34.6 %

ESSAIS MÉCANIQUES

	1 ^{er} Essai	2 ^e Essai	3 ^e Essai
Longueur d'essai.....	105	105	105
Charge de rupture..... kgs	140	139	137.650
Charge par millimètre carré.. kgs	44.57	44.26	43.82
Allongement.....	3.5	3.5	2.9
Allongement %.....	3.3	3.3	2.7
Moyenne de la charge de rupture.....			44.18
Moyenne de l'allongement.....			3.10
Conductibilité : 34.6 % du cuivre.			

ANNEXE N° 3

Nouveaux procédés de traitement des minerais d'or par cyanuration.

Par M. PELATAN, ingénieur civil des mines.

Le procédé de cyanuration des minerais d'or tel qu'il est généralement appliqué au Transvaal est encore, malgré tous les perfectionnements de détail qu'a pu suggérer l'expérience, le procédé inventé et breveté par Mac Arthur et Forest en 1888.

Ce n'est pas que les tentatives aient fait défaut pour trouver mieux. Au contraire, s'il est une question au sujet de laquelle l'imagination fertile des inventeurs se soit donné libre carrière, c'est bien celle de la recherche de modifications essentielles à apporter à la méthode nouvelle dès que son succès dans l'Afrique du Sud a été démontré.

A partir de ce moment d'innombrables brevets sur la matière ont vu le jour. Il serait aussi fastidieux qu'inutile de passer en revue toutes ces inventions réelles ou prétendues.

Cependant il y a dans le nombre une première catégorie de brevets qui, tout en s'emparant du principe de la cyanuration classique, portent la marque d'idées neuves et ouvrent la voie à des améliorations pratiques de la méthode primitive.

Une seconde catégorie, beaucoup moins nombreuse encore, sort tout à fait des sentiers battus et modifie radicalement le système lui-même de la cyanuration.

Cette catégorie de brevets marquera certainement

un réel progrès dans l'extraction de l'or, car elle fournit des moyens pratiques, comme on le verra plus loin, d'aborder avec succès le traitement de matières auxquelles la cyanuration ordinaire s'applique imparfaitement ou ne s'applique pas.

Première catégorie. — Les brevets de la première catégorie sont tous conçus dans le même ordre d'idées que les brevets Mac Arthur et Forest :

1° Les minerais sont soumis dans des récipients appropriés à l'action dissolvante de solutions qui dissolvent l'or.

2° Les solutions, après avoir dissous le métal précieux, sont séparées du minerai épuisé par filtration, décantation ou compression.

3° L'or est précipité dans les solutions claires qui le contiennent et il est séparé ainsi de ces solutions à l'état de précipité.

Quelques inventeurs se sont donné pour but de modifier la dissolution de façon à rendre celle-ci plus efficace et plus rapide.

On peut citer dans le nombre :

Edward-Kendall qui, en 1892, a fait breveter l'emploi pour dissoudre l'or, au lieu d'une simple solution cyanurée, d'une solution contenant du cyanure de potassium avec un corps oxydant tel que ferricyanure de potassium ou un autre ferricyanure soluble.

Le même inventeur a fait breveter plus tard l'emploi d'une solution contenant à la fois du cyanure de potassium et un oxydant encore plus énergique que les ferricyanures : le bioxyde de sodium.

Carl Moldenhauer a fait breveter en 1893 un procédé dans lequel il préconise le traitement des minerais par une solution comprenant d'abord un acide et ensuite

un mélange de cyanure avec un corps oxydant tel qu'un ferricyanure soluble.

Sulman et Teed ont plus récemment préconisé l'emploi d'un dissolvant nouveau, mais où en somme le cyanogène joue encore un rôle important. Ce dissolvant est un bromure de cyanogène qu'on pourrait tout aussi bien appeler cyanure de brôme et qui répondrait à la formule Br Cy . On l'emploie concurremment avec du cyanure de potassium.

Enfin Diehl a tout dernièrement introduit dans l'Australie Occidentale un procédé qui consiste à substituer à la solution simple de cyanure, une solution composée de cyanure de potassium avec du brôme, le poids du brôme ajouté devant être équivalent au poids du cyanogène contenu dans le cyanure.

D'autres inventeurs, au lieu de porter leurs efforts sur la dissolution, se sont surtout préoccupés de modifier ou d'améliorer la précipitation de l'or.

Bernard Ch. Molloy, en 1892, a inventé un appareil dans lequel les solutions, séparées du minerai après dissolution de l'or, doivent être versées au-dessus d'un bain de mercure où un courant électrique incorpore du sodium en formant un amalgame de ce métal. L'amalgame de sodium doit s'emparer de l'or contenu dans la solution.

Carl Moldenhauer, en 1893 dans ses brevets, a suggéré de précipiter l'or des solutions cyanurées, produites au cours du traitement par de l'aluminium ou de l'amalgame d'aluminium au lieu de zinc.

Johnston, en 1894, a proposé de recueillir l'or des solutions cyanurées en les faisant passer à travers des filtres successifs en charbon. Pour avoir l'or, il faut ensuite brûler le charbon des filtres et traiter les cendres.

Enfin, Siemens et Halske ont plus récemment intro-

duit dans le Sud-Africain leur méthode électrolytique pour précipiter l'or des solutions de cyanure obtenues dans la cyanuration ordinaire.

Cette méthode n'offre rien de particulier que la nature des anodes et cathodes. Les anodes sont en fer et les cathodes en plomb. Quand les cathodes sont suffisamment chargées d'or on les fond et on en extrait le métal précieux par coupellation.

Parmi les divers brevets qui viennent d'être énumérés il en est deux qui ont trait à des modifications ou perfectionnements dans la dissolution de l'or et qui ont reçu quelques applications importantes, ce sont :

1° Le procédé Kendall, où l'action dissolvante du cyanure de potassium est réellement stimulée d'une façon remarquable par l'addition d'un corps oxydant : le bioxyde de sodium. Ce procédé Kendall est employé notamment dans de grandes mines d'or de l'Etat de Névada.

2° Le procédé Diehl qui, paraît-il, est employé depuis 1899 avec succès dans quelques-unes des mines importantes de l'Australie occidentale comme : le Great-Boulder, le Lake-View, etc.

Deuxième catégorie. — La seconde catégorie de brevets comprend ceux qui se différencient dans leur principe même de la méthode de cyanuration Mac Arthur et Forest, modifiée ou non.

Ces brevets, tous récents, ne sont pas nombreux, car la tendance, même chez les inventeurs, est d'hésiter longtemps à sortir résolument d'un sillon déjà tracé, avant d'envisager des méthodes tout à fait nouvelles.

Le seul parmi eux qui ait eu, jusqu'à présent, des applications industrielles importantes, sont les brevets Pelatan-Clérici complétés par un brevet Pelatan plus récent.

Le procédé Pelatan a été adopté par plusieurs mines d'or aux Etats-Unis (Etats de Colorado, Idaho, Washington, Nouveau Mexique), au Canada. Il est appliqué sur la seule mine d'or qui soit actuellement en exploitation dans l'Indo-Chine française, à Bong-Miù, près de Tourane (Annam).

Une application importante va être faite dans l'Australie occidentale, où on construit en ce moment une usine Pelatan.

Voici une description du procédé qui est un procédé d'électro-amalgamation directe de l'or sans filtration aucune.

PROCÉDÉ PELATAN

Le procédé Pelatan a été conçu de façon à permettre d'éviter, autant que possible, les difficultés et les complications découlant de la lixiviation, des lavages et de l'emploi de solutions cyanurées impures.

Il a fallu pour cela aborder franchement d'une façon pratique le problème de la dissolution de l'or par agitation des matières traitées avec la solution de cyanure et de la précipitation subséquente des métaux précieux au sein de la pulpe même par un courant électrique, sans séparation du minerai.

Les deux opérations ont été combinées de façon à être effectuées dans une seule et même cuve, construite pour cet objet et qui constitue ainsi un appareil métallurgique à la fois très simple et tout à fait complet.

La cuve, faite entièrement en bois, a son fond recouvert d'une plaque de cuivre amalgamée d'une fabrication spéciale et recouverte sur toute son étendue d'une faible épaisseur de mercure liquide. Elle est munie à l'intérieur d'un agitateur monté sur un arbre vertical occupant le centre de l'appareil. Cet agitateur, armé de doigts en bois, porte des plaques d'acier fixées

horizontalement à une distance convenable au-dessus du fond de cuivre amalgamé de la cuve.

Lorsqu'on veut traiter des minerais ou des matières aurifères quelconques (slimes ou tailings) on les charge dans l'appareil en même temps qu'une solution renfermant du cyanure de potassium, du sel marin et, au besoin, une matière oxydante accessoire, le tout dans des proportions qui dépendent de la nature du minerai traité.

Le mélange est mis en mouvement par l'agitateur et on fait passer à travers la charge un courant électrique allant de l'agitateur qui porte l'anode, au fond mercuriel de l'appareil qui sert de cathode.

Grâce à l'action simultanée du dissolvant et du courant électrique, l'or et l'argent sont promptement dissous par le cyanure avec lequel ils sont partout en contact intime, puis ensuite électrolysés dans le fond de mercure où ils se déposent à l'état d'amalgame.

L'agitation renouvelle constamment les contacts entre le liquide et les parcelles de minerai et les inconvénients signalés au sujet de la filtration se trouvent ainsi complètement supprimés.

Les grains d'or fin se trouvent pendant toute l'opération en présence de quantités de cyanure plus que suffisantes pour les dissoudre.

Les grains d'or plus gros descendent graduellement à travers le mélange où ils se trouvent en suspension pour venir s'amalgamer directement sur le mercure du fond de la cuve que le courant électrique maintient pur et brillant.

Les deux effets combinés assurent ainsi la récolte de l'or le plus fin et de l'or le plus gros, tout en permettant l'emploi de solutions bien moins fortes que celles qui sont nécessaires dans les procédés de cyanuration ordinaire par filtration, dans lesquels on doit compter

exclusivement sur les propriétés dissolvantes du cyanure de potassium.

Rendements obtenus. — Depuis l'origine du procédé Pelatan, on en a éprouvé l'effet sur les minerais d'un peu plus de deux cents mines.

Pour chaque mine, on a traité souvent plusieurs minerais différents, sans compter dans bien des cas, des *tailings*, des concentrés ; outre cela, les essais sur chaque matière ont été toujours répétés plusieurs fois.

Le nombre des opérations faites a donc été considérable et il permet de tirer des conclusions pratiques au point de vue du rendement sur les minerais essayés : 35 % ont donné des rendements supérieurs à 85 %. 35 % ont donné des rendements de..... 75 à 85 %. 30 % ont donné des rendements inférieurs à 75 %.

On peut admettre, sans erreur, que dans la seconde catégorie, la moitié des essais a donné 80 à 85 %.

Il en résulte que plus de la moitié des mines, dont les minerais ont été étudiés, ont donné plus de 80 % d'extraction.

Il est à noter que les rendements indiqués ont presque tous été obtenus en passant les minerais broyés au tamis de 40.

En broyant plus fin, les deux tiers des minerais essayés auraient été susceptibles de donner un rendement supérieur à 85 %.

Si l'on pousse uniformément le broyage assez loin pour faire passer les matières au tamis de 80,

55 % des minerais donnent effectivement plus de 85 % de la teneur.

20 % des minerais donnent effectivement de 80 à 85 % de la teneur.

15 % des minerais donnent effectivement de 75 à 80 % de la teneur.

10 % des minerais donnent effectivement moins de 75 % de la teneur.

Un pareil broyage, qui a pour effet naturel de libérer jusqu'à la limite du possible les plus fines particules d'or de la gangue qui les emprisonne, n'est nullement irréalisable dans la pratique.

Il est de nature à permettre dans beaucoup de cas d'aborder avec succès le traitement, par le procédé Pelatan-Clérici, de minerais considérés jusqu'ici comme intraitables.

Les procédés ordinaires de cyanuration ne sont, par contre, susceptibles de bénéficier en rien d'un broyage très fin qui augmenterait les difficultés du filtrage des solutions jusqu'au point d'empêcher celles-ci de traverser les minerais.

La supériorité du procédé Pelatan en ce qui concerne les rendements est donc évidente et elle est particulièrement accentuée en ce qui concerne les minerais de teneurs élevées comme ceux de la plupart des mines de l'Australie Occidentale par exemple.

Les diverses usines où le procédé est déjà appliqué donnent, du reste, des résultats confirmant cette supériorité.

Entre autres exemples de rendements élevés obtenus sur une grande échelle, on peut citer le traitement contradictoire devant des experts de 200 tonnes, fait au commencement de l'année 1897 dans les usines Delamar & C^{ie}, dans l'Etat d'Idaho, aux Etats-Unis.

Dans cette épreuve le rendement effectif s'est élevé à plus de 86 % de la valeur des métaux contenus, or et argent.

Le rendement en argent est ordinairement moindre que celui de l'or ; il varie le plus souvent depuis 50 % jusqu'à 80 %, suivant la nature des minerais traités et

surtout suivant l'état dans lequel l'argent se trouve dans ces minerais.

Prix de revient. — Dans tous les procédés d'extraction de l'or et de l'argent, sauf les procédés par fusion, il y a une première opération commune, c'est le broyage des minerais.

Le coût de cette opération par tonne étant susceptible de varier dans de très larges limites suivant le tonnage traité, la nature des moteurs employés, le prix du combustible, la dureté du minerai, le degré de finesse nécessaire, etc., il est préférable de ne pas le faire entrer en ligne de compte pour l'établissement du prix de revient du traitement proprement dit.

Sous le bénéfice de cette observation le prix de revient du procédé Pelatan-Clérici, appliqué à des minerais préalablement broyés au degré de finesse voulu, comprend seulement :

1° La valeur des produits chimiques ;

2° La dépense de force motrice pour la manutention des matières, le courant électrique et l'agitation de la charge dans les cuves ;

3° La main-d'œuvre, l'usure et l'entretien du matériel.

Les produits chimiques employés sont du cyanure de potassium, du sel marin, un agent oxydant qu'on peut supprimer quelquefois et dont la nature peut varier.

Eventuellement on ajoute aussi de la chaux pour neutraliser la charge dans le cas où les minerais sont acides.

La proportion de cyanure de potassium est en moyenne de 12 kilogrammes par tonne de minerai aurifère ; on peut en récupérer une partie par le réemploi des solutions ayant déjà servi.

La quantité d'agent oxydant (lequel, peut être, par

exemple, de l'acide picrique), est ordinairement de 1/10 du poids de cyanure.

Il est à remarquer en passant, que c'est le premier procédé dans lequel ait été préconisé l'emploi de l'acide picrique comme oxydant très efficace, surtout en ce qui concerne l'extraction de l'argent.

Suivant le degré de conductibilité électrique de la charge, le sel marin y entre dans la proportion de 2 à 10 kilos par tonne de minerai.

La perte de mercure ne dépasse pas 50 grammes par tonne traitée en marche courante.

Considérons le cas d'une usine de 100 tonnes de capacité journalière comprenant 20 grandes cuves de traitement. Le courant électrique nécessaire, calculé d'après les équivalents chimiques et électriques, pour y traiter un minerai d'or de richesse moyenne correspondrait à un demi-cheval pendant 24 heures.

La faiblesse de ce chiffre ne doit pas surprendre car le poids des métaux précieux à électrolyser ne représente dans un pareil cas, même pour des minerais contenant 30 grammes d'or par tonne par exemple, qu'un petit nombre de kilogrammes.

Dans l'électrolyse de bains de composition complexe on admet qu'il faut multiplier le chiffre théorique par trois ou quatre ; il est plus prudent ici de le multiplier par vingt, ce qui donnera dix chevaux pour le courant.

Une force de 10 chevaux encore doit suffire pour l'agitation dans les 20 cuves de l'atelier.

Dix chevaux de plus seront consacrés à actionner des monte-charges et des pompes, quoique le mouvement des cent tonnes de minerai et d'environ quatre-vingts tonnes de solution doive se faire presque entièrement par descentes successives sous la seule action de la pesanteur.

Le tout fera un total de 30 chevaux, qui coûteront à 2 fr. 50 par cheval et par 24 heures, 75 francs.

La dépense de main-d'œuvre est faible, le travail consistant presque uniquement à ouvrir et à fermer des robinets et des soupapes ; mais il faut une surveillance attentive de jour et de nuit. Cette dépense ne dépassera pas 100 francs par 24 heures.

En résumé, le prix de revient de l'opération proprement dite s'établit comme suit :

		Par tonne de minéral.
Produits chimiques :		
1/2 kilog. de cyanure de potassium à 1 fr. 25		1',25
100 grammes d'agent oxydant à 4 francs.....		» 40
Sel marin, chaux, mercure.....		» 60
		2',25
Force motrice :		
30 chevaux à 2 fr. 50.....	75 fr.	0',75
Main-d'œuvre.....	100 »	1 »»
Usure et entretien.....		0 50
		4',50
Prix de revient par tonne.....		4',50

Dépenses d'établissement. — Le matériel nécessaire pour appliquer le procédé Pelatan-Clérici est des plus simples ; il est même beaucoup moins compliqué que le matériel employé pour l'amalgamation au pan.

La conséquence est que son prix d'établissement est très modéré.

Abstraction faite bien entendu des appareils de broyage qu'il faut considérer à part, le matériel complet et mis en place d'une usine capable de traiter 100 tonnes par 24 heures ne coûte pas plus de 60.000 francs.

Un matériel d'essai d'une capacité de 10 tonnes par 24 heures, comprenant deux cuves de traitement, une

dynamo avec rhéostats et instruments de mesure du courant et tous les accessoires pour la transmission du mouvement et du courant, revient à environ 5.000 francs.

C'est le matériel dont il est généralement fait usage, lorsqu'on veut éprouver en grand les résultats de l'application du procédé au traitement des minerais d'une mine particulière.

La PL. VII représente la coupe transversale d'un atelier Pelatan d'une capacité de 40 tonnes par 24 heures, avec le détail, à une échelle un peu plus grande, d'une cuve de traitement dont les dimensions sont calculées pour permettre de passer 5 tonnes par jour à raison de deux charges de 2.500 kilogrammes chacune.

Ces cuves ont environ 2^m,50 de diamètre intérieur et 1^m,30 de hauteur. L'agitateur rotatif à quatre bras qui est à l'intérieur porte des anodes fixées à dix centimètres au-dessus du fond de cuivre amalgamé recouvert de mercure.

Le broyage est effectué à sec ce qui est évidemment favorable dans une méthode où la quantité d'eau employée doit être limitée, en poids, à 100 % au maximum du poids du minerai traité.

Applications. — Les procédés de cyanuration simple ont eu l'heureuse fortune de trouver pour leurs débuts un admirable champ d'exploitation au Transvaal, dans ce district aurifère du Rand qui, sur une étendue restreinte, produit un immense tonnage de minerais d'une qualité à peu près uniforme.

Sur ce terrain éminemment favorable ces procédés (Mac Arthur et Forest, Siemens et Halske) ont été appliqués au traitement de tailings présentant quelques-unes des conditions les plus favorables à une

bonne lixiviation par le cyanure de potassium, telles que :

- 1° L'absence de grains d'or gros à l'état libre, ces grains étant enlevés par une amalgamation préalable ;
- 2° L'absence, grâce à une séparation préalable également des boues ou slimes, de matières fines pouvant mettre obstacle à une bonne filtration ;
- 3° La suppression d'une notable proportion de l'acidité du minerai par suite du lavage forcé des tailings sous les bocards et sur les plaques d'amalgamation.

Dans de pareilles conditions ces procédés nouveaux, appliqués par des ingénieurs habiles, ont produit une véritable révolution économique dans les champs d'or de l'Afrique du Sud et ont acquis du même coup une réputation universelle.

Le procédé Pelatan de découverte encore toute récente a débuté et s'est développé aux Etats-Unis dans des conditions assurément beaucoup moins favorables que la cyanuration simple en Afrique.

Cependant, ses avantages sont assez sensibles et il marque un progrès qu'on trouve assez intéressant en ce qui concerne surtout le traitement direct des minerais d'or dits réfractaires, pour qu'il se soit très rapidement fait une place.

Actuellement, rien que dans l'Amérique du Nord le procédé Pelatan-Clérici a été appliqué :

Dans le Colorado,
Dans l'Idaho,
Dans le Montana,
Dans le Nouveau Mexique,
Dans la Colombie Britannique.

Concurremment, le procédé commence aussi à faire ses preuves dans d'autres pays et des installations existent ou sont en construction au Chili et dans l'Australie Occidentale.

En ce qui concerne spécialement la France, il a été appliqué aux mines de Bong-Miù dans l'Annam, où les minerais n'avaient pu être traités par d'autres méthodes.

ANNEXE N° 4

**Exploitation des placers au moyen de dragues
à or.**

Par M. David LEVAT, ancien élève de l'Ecole Polytechnique,
ingénieur civil des mines, à Paris.

INTRODUCTION

L'exploitation des placers par moyens mécaniques, au moyen de dragues appropriées, n'a pris son essor que depuis un petit nombre d'années. Ce procédé a été considéré pendant longtemps comme dénué de valeur ou essentiellement aléatoire.

On trouve encore dans les ouvrages classiques, de date récente, des appréciations caractéristiques à ce sujet :

« On a proposé un grand nombre de méthodes pour
« opérer le draguage du lit des rivières aurifères, ou
« même pour enlever, au moyen de pompes spéciales,
« le gravier qu'elles renferment. Malgré tous les
« efforts qui ont été tentés dans ce but et malgré les
« espérances qu'avait fait naître l'emploi de machines
« puissantes et ingénieuses, nous ne croyons pas qu'il
« soit possible d'enregistrer un succès définitif (1) ».

(1) Cumenge et Fuchs : *L'or, ses propriétés, ses gisements, son extraction*. — Encyclopédie chimique de Frémy, 3^e partie, p. 20, Dunod, éditeur, Paris 1889.

Pourtant, dès 1885, au cours de mon premier voyage en Australie, en Nouvelle-Calédonie et en Nouvelle-Zélande, j'avais pu voir ces dragues à or fonctionnant avec bénéfice sur les alluvions aurifères du lit de la rivière Clutha, dans des conditions assez difficiles, car le courant y est rapide et la profondeur de l'eau considérable ; de plus, ce cours d'eau est sujet à des crues importantes et subites.

Mais ce succès partiel était resté confiné sur un territoire assez restreint, tandis que des insuccès nombreux et retentissants constatés dans d'autres pays aurifères, paraissaient donner raison aux contempteurs des dragues à or.

Ce n'est que depuis cinq à six ans, grâce, il faut le dire, aux très grands progrès réalisés dans la construction de ces appareils, que leur succès est devenu un fait définitif et probant.

J'ai contribué à leur introduction en Sibérie d'abord, puis tout récemment en Guyane. J'ai étudié et construit mes appareils d'après les données les plus récentes et les plus perfectionnées, de sorte que je suis en mesure d'indiquer d'une manière précise en quoi consiste l'exploitation par draguage des placers aurifères ; comment on est arrivé aux améliorations successives de la drague à or, qui en font à présent un instrument complet et docile entre les mains de l'exploitant.

Le problème du draguage ne consiste pas d'ailleurs uniquement dans le choix d'un appareil convenable. Il comporte aussi une autre donnée essentielle : c'est le cubage préalable des alluvions à laver. Les dragues, pour donner des profits sérieux, doivent passer d'énormes cubes journaliers. Il faut donc qu'elles aient devant elles un vaste champ reconnu, et reconnu avec une grande exactitude, pour permettre de calculer l'amortissement de l'appareil sur le volume qu'il a à

extraire. J'ai inauguré à ce sujet, avec mon collaborateur M. Louis Pottureau, au concours duquel je me plais à rendre hommage, une méthode rationnelle de sondage et de représentation graphique des résultats, qui permet de calculer et de faire ressortir rapidement les chiffres des teneurs moyennes qu'il importe de connaître.

Ce sont ces divers éléments du problème que je me propose de résumer dans cette notice.

Je me bornerai, après un court exposé historique, à donner une description succincte des types les plus perfectionnés de mes dragues à or, et d'indiquer quelques exemples par les prix de revient et les bénéfices obtenus au moyen de ces appareils dans les divers pays où on les emploie.

En ce qui concerne le cubage des placers, opération préalable essentielle, je le répète, pour tout draguage d'or exempt d'aléa, j'entrerai dans des détails suffisants pour faciliter l'emploi de ma méthode aux exploitants futurs. J'estime qu'elle est de nature, par la certitude des résultats qu'elle donne, à développer rapidement l'emploi des moyens mécaniques pour l'exploitation des placers.

Cette évolution est d'ailleurs conforme aux tendances générales de l'industrie moderne. Partout, la machine se substitue à l'effort individuel et manuel. Des difficultés techniques ont pu, pour les exploitations placériennes, retarder l'heure où ce progrès est devenu définitif, mais on peut dire qu'aujourd'hui la solution a reçu la consécration de la pratique.

PREMIÈRE PARTIE

Historique

La drague à or a passé par de nombreux stades avant d'arriver à son degré de perfectionnement actuel.

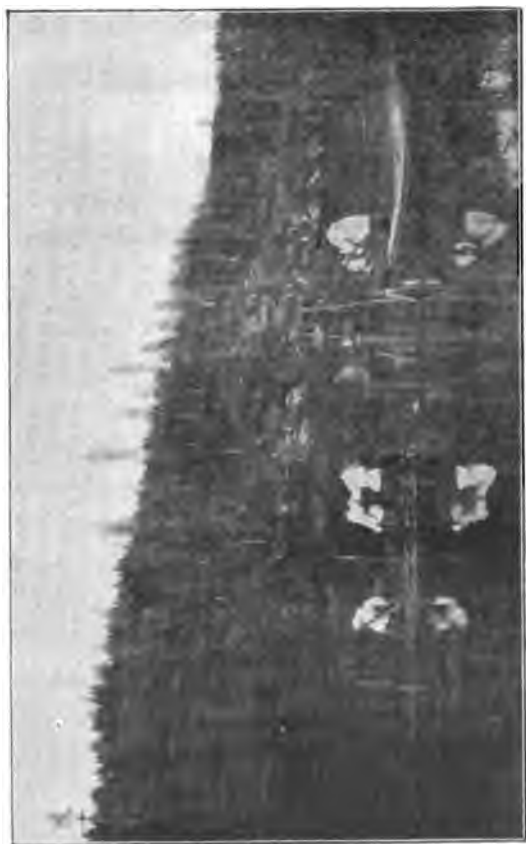
Dragues à bras. — Son premier début a été la modeste pelle à sable ou à gravier, emmanchée au bout d'une perche, au moyen de laquelle les orpailleurs des temps passés tiraient sur le rivage les sables des ruisseaux dont ils ne pouvaient détourner le cours.

Un premier progrès a consisté à manœuvrer ce simple appareil depuis un radeau mouillé dans le courant et d'augmenter la quantité draguée à chaque coup, par l'adjonction d'une poche ou d'un sac à l'arrière du bord coupant de la pelle.

Comme cet engin devenait trop lourd pour être tiré à bras hors de l'eau, on lui ajouta une corde enroulée sur un treuil, pour soulager la pelle quand elle était pleine.

Enfin, pour laver l'alluvion sur le radeau même, afin de gagner du temps, il fallait une pompe à bras pour élever l'eau dans l'appareil primitif, long-tom, cradle ou sluice, installé à bord.

Telle est en effet la drague à bras encore en usage dans nombre de localités de l'Oural et de la Sibirie Orientale. La phototypie de la page suivante montre une équipe de maraudeurs en train d'écrémer, avec un appareil de ce genre, une des meilleures places du bassin du fleuve Amour. Le cliché est un peu trouble ; il a été pris derrière un buisson qui nous dissimulait aux yeux des maraudeurs aux aguets.



DRAGUE A BRAS (MARAUDEURS SIBÉRIENS)

La photographie une fois prise, nous avons confisqué la récolte de la journée, environ 400 grammes.

Ces dragues primitives ont été aussi en usage en Nouvelle-Zélande pendant une assez longue période. M. Cutten a donné à ce sujet, dans une publication récente (1), des détails extrêmement intéressants sur ces premiers débuts des dragues à or, mues à force de bras. On en installa un assez grand nombre sur la rivière Clutha, notamment entre les villes actuelles de Clyde et d'Alexandra, et on conserve encore le souvenir des rendements de certains de ces petits appareils, produisant jusqu'à 2^k,100 et 2^k,400 d'or par semaine de travail.

On ne pouvait évidemment travailler ainsi que les sables superficiels du lit des rivières néo-zélandaises, c'est-à-dire la portion la moins riche des dépôts aurifères sous-marins, mais cette couche ne tarda pas elle-même à être rendue inaccessible aux dragues à bras, par suite des énormes quantités de *tailings* (résidus stériles) envoyés dans la Clutha par les exploitations riveraines. Il fallait évidemment des appareils plus puissants pour déplacer ces dépôts stériles adventifs et atteindre l'alluvion aurifère enterrée sous eux.

Dragues actionnées par roues pendantes. — La Clutha étant une rivière à courant rapide, l'idée la plus naturelle était d'employer la vitesse même du courant pour actionner, au moyen de roues pendantes, le treuil de relevage de la pelle. Plusieurs de ces appareils ont été encore en service jusqu'à ces derniers temps. Personnellement, je n'en ai pas vu au travail pendant mes séjours en Nouvelle-Zélande, car elles étaient déjà,

(1) W. H. Cutten, *Dredging as a profitable means of working alluvial auriferous drifts*, New Zealand Institute of Mining Engineers. August 23^d 1898.



DRAGUE A ROUES PENDANTES
en usage en Nouvelle-Zélande vers 1870

pour la plupart, transformées en appareils à vapeur à l'époque de mon premier voyage (1886). On ne pouvait, en effet, draguer que dans le fil de l'eau, et dès qu'on papillonnait sous un angle trop fort, l'action du courant devenait insuffisante pour actionner le treuil de relevage. Il était, dans ces conditions, impossible de draguer dans les anses ou sur les bords, bien que la profondeur de l'eau y fût favorable, mais le courant y était nul ou trop ralenti.

La photographie de la page 11 donne une idée de ces appareils primitifs, précurseurs des dragues actuelles.

Dragues à vapeur. — Dès 1870, un mineur nommé Sedeberg installa une petite machine à vapeur pour actionner la pelle. Cet appareil fonctionna et donna de bons rendements pendant deux ans, mais la quantité de tailings envoyés par les exploitants latéraux, qui travaillaient par la méthode hydraulique, augmentant sans cesse, il fallait évidemment des appareils plus puissants, pour répondre aux nouvelles exigences du travail.

C'est en 1882 seulement qu'apparut la première drague à godets et à vapeur, établie par M. Charles Mac Queen et construite par la Compagnie de Dunedin. Cet appareil était monté sur une coque unique et manquait de stabilité. Il ne commença à donner des résultats qu'après qu'un chef de drague, ancien marin, nommé Mac Lay, homme de bon sens, un « self-mademan » dans toute l'acceptation du terme, lui eut adjoint deux flotteurs latéraux. Depuis cette époque, toutes les dragues à or sont montées sur double ponton.

Cette drague est toujours en service. Elle a donné, depuis sa mise à flot, des résultats variables suivant les « claims » qu'elle a travaillés, atteignant des productions moyennes de 4^k,500 d'or par semaine. Sa plus haute production a été de 5^k,250 (175 onces) en six jours

de travail. Elle a extrait de la Clutha, en seize années de travail, 450 kilos d'or valant 1.500.000 francs.

En 1889, un riche Chinois, nommé Sew How, flotta une Compagnie au capital de 3.000 livres anglaises, en actions de £ 10, pour installer une drague sur un affluent du Kawarau River, nommé le Shotover. Ce placer avait été déjà repassé trois fois, deux fois par des Européens et ensuite par des Chinois. Malgré cela, les résultats furent merveilleux, les actions montèrent à 250 £ chaque et cette réussite fut le point de départ d'un « boom » formidable. On monta des dragues sur une foule de placers abandonnés, sans y faire de prospection préalable et beaucoup de ces affaires durent liquider à perte.

Les claims de Shotover, dont la gravure de la page 707 donne une idée, ont produit par draguage plus de 10 millions de francs d'or retiré de sables, lavés déjà à plusieurs reprises avant d'être dragués.

Emploi d'élévateurs pour les tailings. — Cette situation a duré jusqu'en 1894, époque à laquelle ont commencé à apparaître les dragues avec « élévateurs en queue » (tailings elevators). Ce perfectionnement a permis d'accroître considérablement le rayon d'action des dragues à or, confinées jusqu'alors au draguage des lits de rivière, tandis qu'avec l'adjonction de ces élévateurs, on peut draguer n'importe quel placer, même privé d'eau courante.

Les principaux ingénieurs constructeurs de dragues en Nouvelle-Zélande, MM. F.-W. Payne, W.-H. Cutten, E. Roberts, etc., construisent toutes leurs dragues destinées à travailler en butte, avec des élévateurs en queue. La tendance est même de donner à ces organes d'évacuation des dimensions de plus en plus grandes, de manière à pouvoir entasser les tailings à l'arrière

sur des hauteurs croissantes. On augmente en même temps la dimension des godets, et par conséquent la capacité de la drague, dans des proportions considérables.

On peut dire, en résumé, que les petits appareils ont vécu, et nous expliquerons plus loin les raisons pour lesquelles des engins puissants sont seuls capables de répondre aux exigences du travail qu'on demande aux dragues à or.

Cet accroissement de capacité permet d'envisager avec sécurité l'exploitation d'alluvions ayant des teneurs en métal précieux de plus en plus faibles, car les frais généraux et les frais de main-d'œuvre sont les mêmes ou à peu près, quelle que soit la capacité des appareils.

On n'est pratiquement limité, dans cette voie, que par des considérations relatives au transport des appareils dans les pays neufs, privés de voies de communication et aussi par l'impossibilité d'assurer aux matières aurifères, préalablement diluées dans des torrents d'eau, des surfaces d'écoulement suffisantes pour permettre la séparation de l'or sur le parcours, généralement assez court, des sluices portés par les dragues.

Dragues électriques. — L'emploi des moteurs électriques, qui commence à se faire jour, pour actionner les dragues à or, paraît constituer un nouveau et considérable progrès dans la construction de ces appareils. On peut concentrer sous une même main, celle du chef dragueur, installé dans un poste confortable, toutes les machines du bord, aussi bien les treuils de papillonage et d'élinde que les machines qui mettent en mouvement la chaîne à godets, le trommel classeur, l'élévateur de queue, etc.

Une autre considération en faveur des dragues actionnées électriquement, c'est que le poids des machines

prises à bord est considérablement diminué : avantage important, car les dragues à or étant, par la nature même du travail dont on les charge, exposées aux échouages, doivent avoir un très faible tirant d'eau.

Enfin, le chauffage des chaudières, qui se fait généralement au bois dans le pays à placers, est infiniment plus économique à terre qu'à bord, et l'emploi de transmissions électriques par câbles isolés, permet d'établir sur terre les chaudières et machines à vapeur actionnant la génératrice.

Il est évident que ces avantages sont encore accrus, si on trouve, dans un rayon raisonnable autour des placers à draguer, une force motrice hydraulique susceptible d'actionner des génératrices d'électricité. L'emploi des courants polyphasés à haute tension, devenus de pratique courante, permet d'étendre beaucoup le rayon dans lequel cette utilisation peut être recherchée.

Telle est, dans ses grandes lignes, l'évolution, toute récente on le voit, des dragues appliquées à l'exploitation des placers.

Je vais décrire à présent les principaux organes qui composent ces appareils, en indiquant pour chacun d'eux les divers types employés et les raisons qui ont fixé mon choix dans les appareils que je construis.

ETUDE GÉNÉRALE DES ORGANES D'UNE DRAGUE A OR

I

Construction de la coque.

La coque « en catamaran », c'est-à-dire formée par deux pontons parallèles, de faible hauteur, séparés par une distance suffisante pour laisser passer l'élinde, est

universellement employée, à l'exclusion de tout autre dispositif. Aucune forme de coque n'est plus propre à assurer à la fois une grande stabilité latérale et longitudinale, avec un faible tirant d'eau.

Par contre, ces formes très plates offrent une raideur médiocre dans le sens longitudinal et lorsque les pontons sont construits en bois, ce qui est le cas général en Nouvelle-Zélande et aux Etats-Unis, il faut armer les longuerines d'une série de poteaux verticaux, reliés par des tirants en fer afin de donner à l'ensemble une rigidité suffisante pour résister aux réactions des godets en cours de dragage, réactions qui sont souvent de véritables chocs.

Les coques en bois ont l'avantage de pouvoir être construites sur place et de ne nécessiter, par conséquent, aucun transport préalable. C'est leur seule raison d'être.

Ces coques en bois ont, par contre, le défaut de n'être jamais complètement exemptes de voies d'eau. Elles ne permettent pas non plus l'établissement de cloisons étanches empêchant la drague de chavirer en cas d'accident à un des pontons. Enfin, elles se remplissent d'eau quand il pleut, événement fréquent en pays tropicaux, ce qui nécessite constamment des hommes aux pompes de cale.

Mon expérience personnelle m'a fait complètement renoncer aux coques en bois. Je n'emploie que la tôle d'acier doux pour les établir.

Je constitue mes coques pontées par une série de compartiments de 4 mètres de longueur, fortement reliés entre eux et étanches, aussi bien dans leurs fonds immergés que sur leur pont. L'ensemble constitue en définitive deux poutres tubulaires parallèles, d'une rigidité parfaite, sans qu'il soit nécessaire de compter sur la superstructure pour assurer la raideur de la coque.

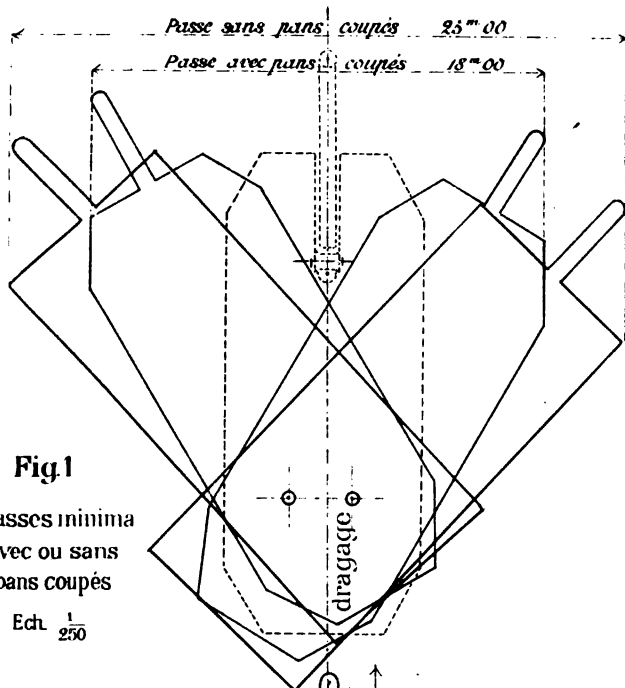


Fig.1

Passes minima
avec ou sans
pans coupés

Ech. $\frac{1}{250}$

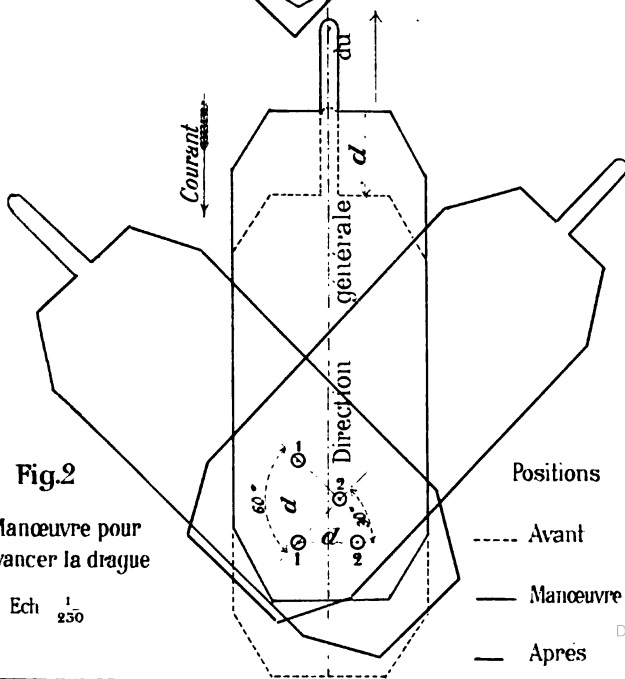


Fig.2

Manœuvre pour
avancer la drague

Ech. $\frac{1}{250}$

Positions

--- Avant

— Manœuvre

— Après

La construction métallique permet aussi de donner aux flotteurs une forme qui se prête aisément au papillonnage et d'affranchir le front de taille sur une largeur moindre qu'avec des pontons rectangulaires. En terminant les côtés extérieurs de ces coques par des pans coupés, on arrive par exemple à affranchir le front d'attaque et par conséquent à faire passer librement une coque de 20 mètres de longueur et de 8 mètres de largeur dans un espace de 18 mètres, tandis qu'il en faudrait 25 pour faire passer la même coque n'ayant pas ses pans coupés.

La FIG. 1 de la PL. I ci-contre fait comprendre clairement l'avantage de cette forme qui n'est pratique que si la coque est métallique, la construction en bois se prêtant difficilement à cette disposition.

Les coques en tôle d'acier doivent être renforcées longitudinalement par une série de fers à treillis qui constituent des points d'appui excellents pour les diverses parties de la superstructure et pour les plaques de fondation des machines actionnant les organes de la drague. Les membrures doivent être plus ou moins espacées suivant l'épaisseur des tôles employées. Avec des tôles de 3 millimètres, leur écartement ne doit pas dépasser 0^m,75 à 0^m,80 centimètres. Ces membrures sont constituées par des cornières de 50 millimètres sur 50 millimètres.

Tout cet ensemble peut être à volonté rivé ou assemblé par des boulons, ce qui permet le fractionnement des colis, en vue des transports en pays lointains.

On peut, dans ces conditions, construire ces coques par pièces démontables aussi maniables qu'on le désire.

Dans les appareils destinés à être montés dans des pays privés de tous moyens de communication autres que les canots creusés dans un tronc d'arbre, comme c'est le cas en Guyane, j'arrive à décomposer toutes

les pièces constituant une drague en colis ne dépassant pas 150 kilos comme poids et, comme encombrement, un volume de $1^m \times 0,75 \times 4^m$, facile à arrimer dans les canots et à déplacer à bras par 4 hommes.

II

Extraction de l'alluvion.

L'outil définitivement employé pour l'extraction de l'alluvion est la chaîne à godets passant sur deux tourteaux. Le tourteau moteur est toujours monté sur le beffroi de la drague.

Dragues dites « Steam-Shovels ». — Les dragues dites « américaines », extrayant l'alluvion au moyen d'une sorte de grande cuve à bord coupant, emmanchée à l'extrémité d'une poutre en bois et manœuvrée par un système de moufles (steam shovel) ne sont pas à recommander.

Il en est de même des dragues de même genre constituées par deux mâchoires qu'on laisse tomber au fond de l'eau et qui en se relevant saisissent un certain volume d'alluvion, qu'on extrait ensuite par une chaîne mouflée attachée aux dites mâchoires (scramb dredge).

Ces appareils ont d'abord, l'un et l'autre, l'inconvénient grave de délivrer l'alluvion par paquets successifs, ce qui nécessite l'emploi de trémies distributrices pour que l'écoulement soit graduel dans le sluice de lavage. De plus, dans le scramb dredge, le contact des mâchoires n'est jamais parfait au moment où on sort de l'eau l'appareil fermé, et il en résulte une perte considérable de l'or qui a une tendance invincible à gagner toujours le fond du récipient.

Dragues suceuses. — On a tenté aussi, à diverses

reprises, et même encore récemment, d'extraire l'alluvion au moyen de dragues suceuses. Je connais, pour ma part, des essais infructueux de ce genre en Sibérie, en Californie et en Guyane française. On était tenté par la simplicité extrême que présente à première vue la drague suceuse, qui ne comporte en réalité comme appareil d'extraction qu'une pompe centrifuge et un tuyau d'aspiration muni d'une crépine plongeant partiellement dans le sable qu'il s'agit d'extraire. Ces appareils rendent en effet, comme on le sait, des services considérables dans le draguage des vases, des sables fins et même des graviers d'une certaine dimension, en employant dans ce dernier cas des formes spéciales pour la coquille et pour les ailettes de la pompe centrifuge aspirante ; mais ils sont absolument inefficaces dans les alluvions ayant une composition irrégulière au point de vue de la grosseur des divers éléments qui les constituent.

Or, dans l'immense majorité des cas, une alluvion aurifère se compose d'une couche superficielle stérile généralement formée de terre végétale ou d'argile qui peut à la rigueur, après délayage préalable, être sucée par la pompe ; ensuite, viennent des sables qui constituent la partie supérieure de la couche aurifère proprement dite et qui passent aussi assez facilement ; mais, quand on arrive à la partie inférieure et réellement riche de la couche, on a affaire à un mélange d'argile et de cailloux, ces derniers parfois très gros et anguleux, qui se délaie mal. Lorsque la crépine d'aspiration pénètre dans un tel terrain, elle ne tarde pas à être bloquée par des cailloux trop gros pour passer par la pompe et cette dernière ne monte dès lors plus que de l'eau claire. On réalise un filtre à gravier, alors qu'il faudrait monter un mélange boueux.

L'insuccès de ce genre d'appareil a été, à ma connais-

sance, une des principales causes du discrédit dans lequel est tombé, pendant longtemps, l'emploi de la drague pour l'exploitation des placers. Il était cependant facile à prévoir que ce système ne répondait nullement aux conditions essentielles du problème.

Dragues à godets. — Les chaînes à godets doivent être établies de manière à permettre le remplacement facile des pièces qui s'usent. C'est une utopie que d'espérer, par l'emploi de métaux exceptionnellement résistants et coûteux : acier chromé, acier au nickel, etc., pouvoir arriver à supprimer l'usure dans les dragues. Ces appareils, destinés à fonctionner au contact de matières sableuses, dans une eau généralement très bourbeuse, avec des chocs inévitables et fréquents, doivent obligatoirement et fatalement s'user. Il faut donc les étudier de manière à faire porter cette usure sur certaines pièces bien déterminées, faciles à remplacer et le changement de ces pièces doit être compris dans les frais d'entretien normaux d'une drague en service.

Ce sont surtout les bagues des axes, les axes eux-mêmes et les lèvres des godets qui sont soumis à des remplacements fréquents. On doit toujours, cela va sans dire, avoir en stock un nombre suffisant de pièces de rechange.

En ce qui concerne les lèvres, il n'y a pas d'avantage à les munir de dents ou de grappins. Ces appendices sont rapidement mis hors d'usage.

Un point essentiel à observer, c'est que les fonds de godets, qui s'exécutent en général en tôle d'acier emboutie d'une seule pièce, soient bien étanches pour éviter les fuites d'or. Il faut aussi donner aux godets une forme assez évasée pour que l'alluvion se décolle bien au moment du renversement, au passage sur le tourteau supérieur.



LE SHOTOVER

Rivière aunière de Nouvelle-Zélande

draguée avec des profils considérables

La vitesse de passage des godets varie dans des limites assez restreintes. On ne doit pas dépasser 16 à 17 à la minute et on ne descend guère au-dessous de 12 à 14.

Contenance des godets. — A propos de la contenance des godets, la tendance, comme je l'ai dit, est à faire de plus en plus grand. La capacité de la drague est, on le comprend, en raison directe du volume intérieur des godets. La raison principale qui empêche de dépasser 80 à 90 litres pour ce volume, consiste dans le poids, et par conséquent la difficulté de transport, des godets par trop volumineux.

La drague Earnsclough n° 2 dont je donne une reproduction photographique à la page 29 est, à ma connaissance, une des plus fortes dragues à or qui aient été construites jusqu'à ce jour. Ses godets ont une contenance de 6 pieds cubes, soit 102 litres. Les dragues aisément transportables que je construis pour la Guyane ont des godets de 65 litres. Le nombre qui passe par minute aux tourteaux est de 17, ce qui donne une capacité par heure de cinquante mètres cubes, quantité déjà importante à classer, à laver et à évacuer, comme on va le voir.

III

Classement et lavage.

Le classement et le lavage de l'alluvion sur la drague même, est certainement la partie la plus délicate de l'opération. On n'est arrivé au degré de perfection actuel, qu'après de nombreux tâtonnements et des succès répétés.

Le problème est en effet assez complexe.

Il s'agit d'une part de passer dans le sluice des quan-

tités considérables de matières ; d'y éviter des engorgements qui se traduiraient au bout de quelques instants par l'accumulation et le débordement des matières hors du sluice. D'autre part, il ne faut pas entraîner dans les tailings une proportion par trop notable de l'or total contenu dans l'alluvion.

Certaines dragues construites en Nouvelle-Zélande, il y a une dizaine d'années, sont restées légendaires à ce point de vue. Une entre autres, installée sur une plage maritime reconnue comme riche par une prospection préalable à la batée, ne put jamais arriver à retenir une parcelle d'or dans les sluices qu'elle portait. L'appareil fut abandonné et la société fit faillite. Cinq ans après, une drague mieux étudiée au point de vue de la distribution du courant dans les sluices collecteurs, remboursait son capital d'achat dans l'espace d'une année, sur le même emplacement.

Le principe fondamental du lavage sur dragues est d'opérer le classement des matières avant de procéder à la séparation de l'or dans le sluice. Un trommel percé de trous, fortement irrigué à l'intérieur et à l'extérieur par des jets de pompe bien combinés, est le seul appareil à employer à cet effet. Les grilles oscillantes, classeurs à secousse, patouillels débourbeurs et autres appareils similaires ont été vainement essayés.

Trommel débourbeur. — Toute drague à or comporte par conséquent, immédiatement après la chute des godets, un très grand trommel débourbeur, abondamment arrosé, dans lequel s'opère la séparation des cailloux stériles d'avec l'or, qui passe avec la partie fine à travers les trous.

Il est essentiel que les cailloux sortent du trommel absolument propres, comme s'ils avaient été brossés à la main. Toute pelote argileuse rejetée avec les cailloux, constitue en effet une perte certaine de métal précieux.

On arrive à ce résultat, en actionnant le trommel avec une machine indépendante de celle qui donne le mouvement à la chaîne à godets. Aussitôt en effet que le chef dragueur constate que la drague digère mal et que les cailloux sortant du trommel sont encore boueux ou sont accompagnés de pelotes d'argile non délayées, il doit modérer la vitesse de la chaîne en conservant la même vitesse au trommel, ou conserver constante la vitesse des godets et augmenter le nombre de tours du trommel à la minute.

Ce nombre varie entre 6 et 8 tours.

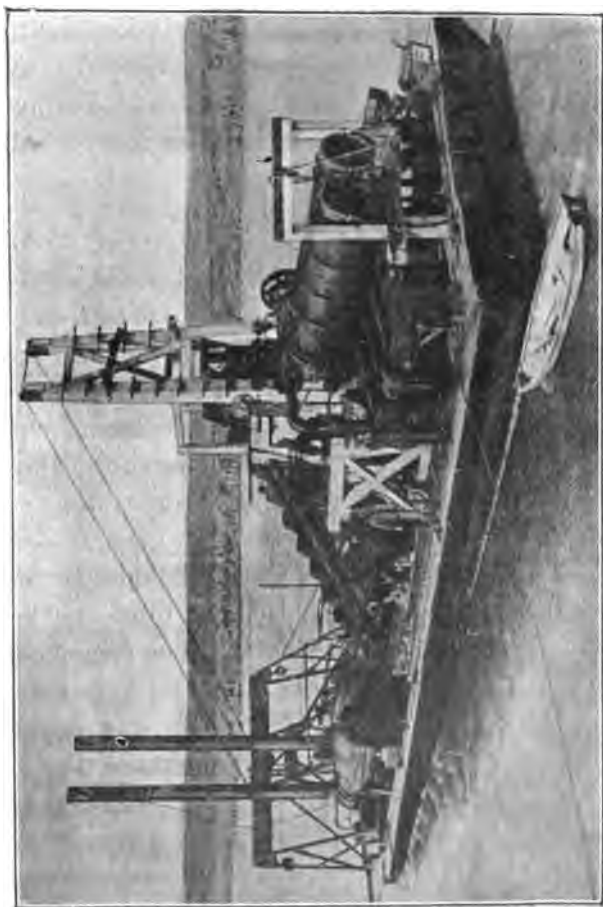
Beaucoup de dragues ont le défaut d'avoir une commande commune pour les godets et pour le trommel, ce qui, à la vérité, simplifie notablement la machinerie. Par contre, il est très difficile avec une pareille organisation de remédier au lavage défectueux du trommel; si on diminue en effet la vitesse des godets, le nombre de tours du trommel — et par conséquent sa puissance de désagrégation — diminue aussi dans la même proportion et le lavage ne s'améliore pas.

On donne en général aux trous du trommel un diamètre de $15 \frac{m}{m}$ et le rapport de la surface perforée à la surface totale ne doit pas dépasser un quart. Même dans ces conditions, l'usure des tôles constituant la carcasse du trommel est assez rapide et leur remplacement tous les trois à quatre mois, fait partie de l'usure courante et du prix de revient du dragage.

Les dimensions normales d'un grand trommel débourbeur sont les suivantes :

Diamètre intérieur.....	1 ^m ,80
Longueur totale.....	4 ^m ,50

Cet appareil doit rouler sur des galets portant sur deux couronnes extérieures. Il est préférable de le



DRAGUE EARNSCLEUGH N° 2

faire cylindrique plutôt que tronconique, mais il faut donner au cylindre une certaine pente, pour assurer l'évacuation des cailloux.

Ce premier classement a pour résultat de ne faire passer dans les sluices à or que des matières relativement fines et de grosseur uniforme. Dans ces conditions, il est facile d'arriver à l'écoulement régulier de l'alluvion, débarrassée des gros éléments stériles et d'avoir une séparation complète de l'or sur une longueur de sluice ne dépassant pas 8 à 10 mètres.

Quantité d'eau nécessaire. — La quantité d'eau nécessaire pour un bon lavage se trouve aussi très diminuée par ce classement préalable. On sait, en effet, qu'il est nécessaire de mettre une alluvion aurifère en suspension dans une quantité d'eau *décuple au moins* de son propre volume, pour assurer une bonne séparation de l'or. En conséquence, si un mètre cube d'alluvion aurifère contenant par exemple 50 % de cailloux supérieurs à 15 ^m/_m — ce qui est un cas assez général — exige pour son lavage, sans classement préalable, 10 mètres cubes d'eau pour être efficacement dilué, ce même résultat est obtenu avec 5 mètres cubes seulement, si on a préalablement séparé la moitié de l'alluvion par un classement au trommel. C'est là une économie capitale, non seulement par la quantité beaucoup moindre d'eau qu'il est nécessaire d'élever, mais surtout par la diminution des sections d'écoulement nécessaires pour débiter, avec une vitesse convenable, l'alluvion aurifère diluée au dixième, de manière à assurer la séparation complète de l'or au moment de son passage sur les riffles qui pavent les sluices.

IV

Evacuation des tailings.

J'ai dit dans mon exposé historique, que l'emploi des élévateurs pour les tailings constituait pour les draguages aurifères un progrès tel, que depuis leur entrée en pratique, cette industrie avait été complètement transformée. Après le classement des matières, il s'agit en effet de se débarrasser, une fois pour toutes, de la masse stérile constituée par les refus du trommel et des sluices et d'évacuer ces matières à une distance suffisante de la drague pour éviter l'ensablement de l'appareil, quelles que soient les positions qu'il est appelé à prendre pendant le papillonnage.

Tant que le draguage a été confiné à l'exploitation des lits de rivières, cette question d'évacuation n'a pas inquiété les constructeurs, vu que la drague, travaillant toujours le nez vers l'amont, évacue ses tailings à l'arrière et les fait entraîner par le courant de la rivière. Mais il n'en est pas de même lorsque la drague doit opérer dans un placer ordinaire, arrosé par un ruisseau sans profondeur ou même lorsque la drague, travaillant dans un cours d'eau navigable, doit attaquer les berges pour exploiter l'alluvion recouverte par ces dernières. L'appareil travaille alors « en butte », c'est-à-dire qu'il a devant lui un front d'attaque qui dépasse parfois de plusieurs mètres le niveau de l'eau. Il doit donc restituer à l'arrière les matières, après qu'elles ont été soumises au lavage, à une hauteur telle qu'il puisse les accumuler à un niveau sensiblement supérieur à celui de la butte qu'il attaque, puisqu'il faut tenir compte du foisonnement des matières.

Ce dernier élément, le foisonnement, a donné lieu à

de nombreuses erreurs de construction quand on a essayé les premiers élévateurs. Cela tient à ce que le coefficient à lui appliquer est beaucoup plus considérable en opérant par classement que dans le cas ordinaire, et on s'est trompé lourdement en affectant à des alluvions, divisées par classement en plusieurs catégories de grosseur, les coefficients ordinaires des terrassements foisonnés.

Les chiffres donnés par les aide-mémoire s'appliquent en effet, à des matériaux gros et petits, intimement mélangés, les fines venant, après déplacement et remise en tas, remplir les interstices des gros.

Avec les élévateurs de tailings, les diverses catégories sont entassées à part; les vides laissés entre les cailloux ne sont pas comblés par les fines, de sorte qu'en résumé la place nécessaire pour loger les matières classées est à peu près le double du volume initial.

C'est la raison pour laquelle les élévateurs de tailings prennent des dimensions et des angles sans cesse croissants. Dans les types de dragues du dernier modèle, dont je donne une idée à la page 719 et à la page 727, on arrive, comme on le voit, à de véritables monuments, permettant d'entasser des cailloux sur des hauteurs considérables.

Cette adjonction ne laisse pas que de compliquer et d'alourdir notablement l'arrière des dragues qui en sont munies. En outre, on donne à ces élévateurs une vitesse beaucoup plus grande que celle des godets et on les fait plus légers aussi. Ils sont constitués par une série de plateaux articulés sur lesquels tombent les cailloux propres sortant du trommel. Ils sont remontés sur une élinde dépassant en porte à faux l'arrière de la drague et inclinée à 30° sur l'horizon, jusqu'à leur point de chute en dehors du rayon de giration de l'appareil.

Les dragues fluviales, destinées à la Guyane, ayant devant elles un vaste champ de rivières aurifères à exploiter, ne nécessitent pas, pour le moment, l'emploi de ces élévateurs. On peut se contenter de surélever le beffroi principal de la drague de manière à avoir à la sortie du trommel une hauteur au-dessus du niveau de l'eau, de 4 mètres environ, suffisante pour évacuer, au moyen de couloirs latéraux soutenus par des haubans, les cailloux propres sortant du trommel en les accompagnant d'un léger courant d'eau qui facilite leur glissement. C'est un système qui rappelle, comme on le voit, les dragues à long couloir du canal de Suez.

En résumé, on peut dire que le problème de l'évacuation des tailings peut toujours être résolu par une des solutions que je viens d'indiquer, et que le choix des appareils à employer pour arriver au but dépend entièrement des conditions dans lesquelles la drague est destinée à fonctionner.

V

Séparation de l'or.

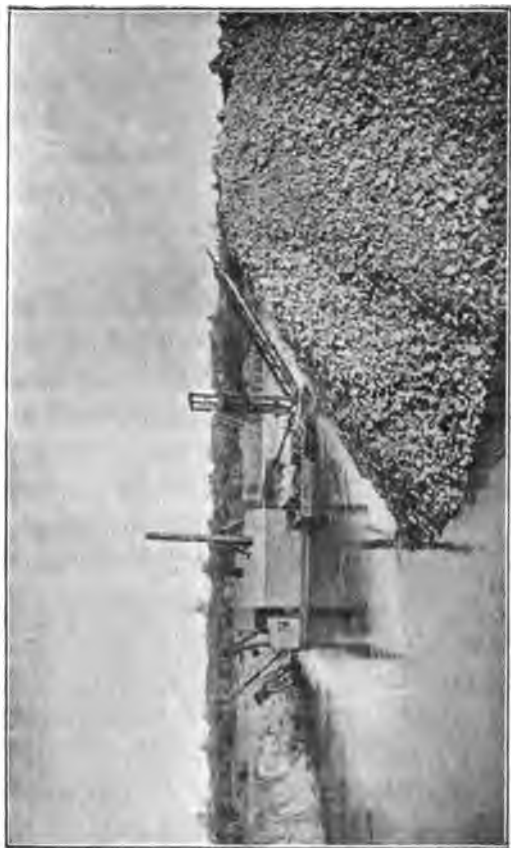
Le classement préalable, dont je viens d'exposer les principes, facilite beaucoup la séparation de l'or dans le sluice. Le calcul de la section nécessaire est, en effet, des plus simples, puisque d'une part on connaît le volume d'alluvion diluée à passer par seconde et que, d'autre part, la vitesse maxima à partir de laquelle les entraînements d'or se produisent est aussi un fait établi expérimentalement pour les diverses natures d'or alluvionnaire.

On doit disposer les sluices de manière à pouvoir faire varier leur pente. En général, cette dernière ne s'écarte pas beaucoup du chiffre de 12 %.

Riffles et under-currents. — Dans les appareils que j'établis, j'opère un deuxième classement après un certain parcours dans le sluice initial, au moyen d'un « under-current », sorte de toiture à double pente dont les barreaux sont écartés de 5 millimètres, qui élimine par simple cascade, les grenailles comprises entre 15 et 5 millimètres. Les boues fines qui traversent cette grille contiennent encore de l'or très fin et de l'or flottant qui est retenu sur le sluice de queue par des dispositifs appropriés. Les riffles, c'est-à-dire les casiers métalliques garnissant les fonds des sluices, chargés d'arrêter l'or qui chemine sur les fonds ont été et sont encore l'objet d'innombrables variantes. Les Américains peuvent se contenter dans leurs immenses sluices hydrauliques de procédés rudimentaires vu l'énorme développement de leurs canaux d'évacuation et les occasions multiples offertes aux parcelles de métal précieux, pour s'arrêter et s'amalgamer en route.

Comme contre-partie, diamétralement opposée, on peut citer les sluices sibériens dont la longueur ne dépasse jamais 9 mètres et dans lesquels on arrive cependant à retenir d'une manière très complète l'or, même fin, contenu dans l'alluvion.

Les dispositifs pour l'or gros et moyen varient à l'infini et il serait oiseux de vouloir en faire ici la nomenclature. Pour l'or fin, qui constitue la difficulté majeure de ce captage du métal précieux, je ne connais rien de plus efficace et de plus simple que les tapis en fibres de coco (cocoanut matting) recouverts soit de plaques métalliques, perforées en quinconce, soit même simplement d'un réseau de fil de fer.



DRAGUE AVEC ÉLEVATEUR DE TAILINGS (COLORADO)

VI

Manceuvre et papillonnage.

Papillonnage sur point fixe. — Je suis arrivé à simplifier considérablement la manœuvre des dragues à or et à assurer le nettoyage complet du bed-rock constituant le fond des placers, en remplaçant le papillonnage sur câbles ou chaînes par le papillonnage *autour d'un point fixe*, constitué par un pieu traversant la coque et venant s'implanter dans le fond du terrain.

On sait que la manœuvre de papillonnage consiste dans le mouvement alternatif de va-et-vient qu'on imprime à la drague pour présenter successivement chacun des godets de la chaîne à une portion non entamée du front de taille sous-marin. En combinant ce mouvement latéral avec des abaissements successifs de l'élinde après chaque passe, on arrive pour ainsi dire, à raboter une série de gradins dans le fond de l'eau jusqu'à ce qu'on atteigne à la profondeur maxima de dragage. Il faut, quand on opère simplement au moyen de 4 chaînes, un chef de drague très habile pour qu'il ramène, après chaque va-et-vient, l'appareil dans sa position initiale. Il en est rarement ainsi et il reste généralement entre deux passes consécutives des triangles allongés de terrain non excavé. Cet inconvénient n'a pas grande importance dans les draguages maritimes et fluviaux ordinaires, mais il n'en est pas de même dans les draguages aurifères. Ces lambeaux inattaqués de l'alluvion voisine du bed-rock sont, en effet, les parties les plus riches en métal précieux, et c'est justement après avoir dépensé beaucoup d'argent pour enlever les déblais superficiels stériles ou légèrement aurifères qu'on laisse échapper la meilleure partie de la recette par un dépouillement insuffisant du fond.

Le papillonnage sur piquet fixe supprime cet inconvénient, car toutes les passes s'exécutant autour d'un même centre, forment un tore à axe vertical descendant depuis la surface jusqu'au fond du bed-rock. Une fois cette limite atteinte, l'emploi des piquets permet, comme on va le voir, d'avancer d'une quantité déterminée, qui, par construction, est justement égale à la longueur sur laquelle les godets mordent horizontalement dans le fond sous-marin du champ de draguage.

A cet effet, mes dragues sont munies de deux forts piquets encastrés à frottement doux dans une gaine reliée à la coque, et constitués par deux grands tubes en tôle d'acier de 0^m,30 de diamètre terminés par une pointe en fonte durcie. Chacun de ces piquets pèse 1.000 kilos. On fait varier leur poids, à volonté, en les remplissant plus ou moins d'eau. Leur étanchéité à vide permet de les faire flotter et de les remorquer sur les rivières et au passage des sauts, au moment du transport avant le montage. Ils sont manœuvrés par une potence avec renvois de poulies, actionnées par un treuil à vapeur, ce qui permet de les relever ou de les mouiller au commandement du chef de manœuvre.

La distance de ces piquets est égale à celle dont il faut avancer la drague à chaque passe nouvelle pour assurer le dépouillement complet du fond.

Le papillonnage s'exécute en prenant pour centre l'un quelconque des piquets, l'autre étant relevé ; et la manœuvre de va-et-vient s'opère uniquement au moyen de deux chaînes passant à tribord et à bâbord sur des renvois de poulies, actionnées par un treuil à vapeur. Lorsqu'on veut procéder à l'avancement de la drague, après avoir atteint le bed-rock, on commence par relever l'élinde au niveau supérieur de l'alluvion, puis on fait à blanc la manœuvre suivante :

Supposons que la drague se trouve dans sa position

normale, droite au courant, et qu'on papillonne sur le piquet bâbord.

1° Venir de 30° sur bâbord et planter le piquet tribord ;

2° Relever le piquet bâbord et papillonner de 60° sur tribord ;

3° Replanter le piquet bâbord, relever le piquet tribord et reprendre le travail.

La Fig. 2 de la PL. I (page 705) rend clairement compte de cette manœuvre.

La drague se trouve avoir progressé, dans la direction de son avancement, de deux fois le sinus de 30°, c'est-à-dire exactement de la distance des 2 piquets. On commence alors à enlever un nouveau tore qui s'emboîte parallèlement avec le premier et qui par conséquent assure l'enlèvement complet de toute l'alluvion sur sa hauteur totale.

On peut, dans ces conditions, confier la manœuvre de la drague à des mécaniciens ordinaires n'ayant pas la pratique consommée qu'exige la manœuvre des dragues actionnées par quatre et même, pour parler plus exactement, cinq chaînes, en tenant compte de celle sur laquelle est mouillée la drague vers l'amont, chaîne que l'emploi du piquet fixe, rend inutile.

VII

Machinerie.

On voit par les descriptions qui précèdent qu'il est nécessaire, vu la multiplicité des opérations à exécuter à bord, d'avoir une machinerie assez complète pour actionner les divers organes. J'ai fait ressortir les avantages des machines indépendantes, mais il est clair aussi qu'on multiplie beaucoup les frais d'entretien de

graissage et de surveillance en adoptant cette solution. Je me suis arrêté pour les dragues du type de 50 mètres cubes à l'heure, destinées aux pays dénués de ressources et de voies de communication, à l'emploi de quatre machines distinctes, à savoir :

Machine motrice principale. — 1° Une machine motrice pouvant donner 30 chevaux effectifs sur l'arbre, destinée à actionner la chaîne à godets et le trommel classeur ; ce dernier pouvant recevoir des vitesses variables par un jeu de poulies différentielles. La commande qui réunit les deux appareils avec la machine motrice, se fait par des courroies et non par des engrenages. C'est là une condition essentielle qui met les appareils à l'abri d'un accident par suite d'une erreur ou de malveillance ; la courroie devant glisser ou sauter avant d'amener une rupture dans les divers organes en mouvement.

Pompe centrifuge. — 2° Une forte pompe centrifuge actionnée par une machine indépendante attelée directement sur l'arbre. Il est absolument indispensable que cette machine puisse marcher quand tous les autres organes sont au repos.

Treuil de manœuvre. — 3° Un treuil à vapeur portant deux arbres et six poupées ; l'un de ces arbres peut être mis à demi-vitesse avec redoublement d'engrenage de manière à pouvoir faire un effort de six tonnes au moyen d'un palan à six brins. Deux de ces poupées servent au papillonnage, deux autres à la manœuvre des pieux. La cinquième commande les mouvements verticaux de l'élinde et enfin la sixième, susceptible de l'effort de 6 tonnes, sert pour les manœuvres de force : enlèvement des troncs d'arbres, des grosses pierres, etc., qui peuvent entraver la marche des godets.

Pompe de compression. — 4° Une pompe de compression genre Worthington pouvant débiter 8 à 10 litres par seconde à une pression de 10 atmosphères, destinée à l'affouillement au moyen d'un jet de lance genre « monitor », des terres émergeantes lorsqu'on opère sur les herges ou sur des alluvions dépassant le niveau de flottaison de la drague.

Tel est le minimum de la machinerie actionnant une drague à or. Il y a avantage, lorsqu'on n'est pas retenu par des considérations d'économie ou par celles, encore plus importantes, de limitation dans les poids, à actionner l'élinde par une machine spéciale formée d'un treuil-applique fixé sur un des montants de la potence qui supporte l'élinde. Cette machine-applique est manœuvrée par un jeu de tringles placé sous la main du chef dragueur. Les mouvements de l'élinde dans le sens vertical sont extrêmement fréquents, surtout lorsque le bed-rock n'est pas horizontal, cas qui se présente souvent. Il faut dans ces conditions, pour vider complètement les déclivités du fond, varier constamment la profondeur du draguage sans interrompre le mouvement général de papillonnage de l'appareil sur tribord ou sur bâbord. On comprend sans peine que la machine indépendante actionnant l'élinde, facilite beaucoup le nettoyage parfait du bed-rock et assure la récolte complète des parties les plus riches de l'alluvion.

Application de l'électricité au draguage. — On devine par l'énumération qui précède, l'avantage que présentent les dragues actionnées par l'électricité sur les dragues à vapeur. La multiplicité des machines motrices qui complique d'une façon incontestable le fonctionnement d'une drague à vapeur, disparaît quand il suffit d'actionner les divers organes par un certain nombre de réceptrices électriques alimentées par une généra-

trice unique. Cette dernière, comme je l'ai dit précédemment, peut être placée à terre, dans des conditions évidemment plus favorables tant au point de vue de l'installation même de la machine et du chauffage des chaudières, que lorsque ces divers appareils se trouvent à bord. L'avantage est plus sensible encore lorsque le courant électrique peut être emprunté à une force hydraulique située dans un rayon suffisamment rapproché pour que le transport de l'énergie ne représente pas un capital trop considérable immobilisé sous forme de conducteurs.

VIII

Des Chaudières.

Les types de chaudières à employer n'offrent rien de particulier lorsque les conditions de transport et de montage ne présentent aucune difficulté au point de vue de la division des poids. Ce n'est généralement pas le cas, et, en particulier, pour les dragues que je construis à destination des pays tropicaux, le choix des chaudières multitubulaires à éléments légers, genre Niclausse ou Durr, est tout indiqué. La seule pièce un peu encombrante, qui est le réservoir de vapeur, peut être construite en plusieurs morceaux et sa forme cylindrique permet de la rouler sans dommage.

Grilles pour chauffer au bois. — Le chauffage au bois, qui est très fréquent dans les installations de ce genre, exige des dimensions de foyers considérablement supérieures à celles auxquelles sont habitués nos constructeurs d'Europe qui ne connaissent guère que le chauffage à la houille. On peut admettre en principe que le rapport d'une surface de grille nécessaire pour brûler du bois à celle d'une capacité calo-

rique équivalente, brûlant de la houille, doit être dans la proportion de 3 à 1. Il est indispensable aussi de prévoir une profondeur suffisante du foyer au-dessous du niveau des portes de chargement, tandis que dans les grilles à houille, les barreaux affleurent d'ordinaire, au niveau de ces portes.

Ce dispositif a l'avantage de permettre la combustion du bois *sur une forte épaisseur*. Dans ces conditions, le bois distille une grande partie de l'eau qu'il contient avant de s'enflammer et donne dès lors son maximum d'effet utile. De plus, en opérant ainsi, il ne reste pas sur la grille de combustion de places dépourvues de combustible par lesquelles l'air froid en s'engouffrant vient faire tomber la pression. Il est essentiel de s'assurer que ces diverses conditions sont bien remplies en faisant en Europe les essais de réception du matériel *avec chauffage au bois*, et non, comme on le fait trop souvent par raison d'économie, avec de la houille, en bouchant avec des briques la majeure partie de la grille.

PRIX DE REVIENT DU DRAGUAGE

Personnel nécessaire. — Une drague à or du type de 50 mètres cubes à l'heure, fonctionnant normalement dix heures par jour, exige, pour sa conduite, quatre hommes en sus du chef dragueur, à savoir :

- 1 chef de drague, commandant la manœuvre ;
- 1 mécanicien à la machine motrice ;
- 1 chauffeur à la chaudière ;
- 1 graisseur pour l'ensemble des diverses machines, servant d'aide au mécanicien ;
- 1 ouvrier laveur.

Il faut prévoir en outre, le personnel nécessaire pour couper et tronçonner le bois et l'apporter à bord, si



DRAGUE NÉO-ZÉLANDAISE AVEC ÉLEVATEUR DE TAILINGS

on emploie ce genre de combustible pour la production de la vapeur. En Guyane par exemple, il faut compter pour ce dernier emploi environ 10 hommes, ce qui représente avec les indisponibles, les malades, le cuisinier, etc., une équipe totale de 20 hommes pour assurer la marche de l'appareil pendant une journée de 10 heures. En cas de marche continue de jour et de nuit il n'est pas nécessaire de prévoir un doublement complet d'effectif car la corvée de jour des bûcherons, légèrement renforcée, peut parfaitement suffire pour préparer et mettre à bord le bois nécessaire au chauffage de nuit. Une équipe totale de 30 hommes est donc largement suffisante pour assurer le travail continu de jour et de nuit d'une drague de 50^{m³} à l'heure.

Une drague plus puissante de 80 à 100^{m³} à l'heure par exemple, n'exige pas un personnel plus nombreux que celui ci-dessus indiqué. C'est là, il faut le dire, le principal avantage que j'ai fait ressortir dès le début de cette notice, à savoir que l'emploi des procédés mécaniques sur les placers est, pour ainsi dire indépendant du prix de revient de la main-d'œuvre, sur les lieux où s'exécute le draguage. On verra en effet plus loin, par quelques exemples tirés de la pratique, que le coût de la main-d'œuvre est un des éléments secondaires du prix de revient.

Les réparations, l'entretien courant et surtout l'amortissement de l'appareil jouent au contraire un rôle prépondérant. Ce dernier élément varie, cela va sans dire, avec les estimations et le cubage des placers sur lesquels des appareils semblables sont montés ; mais j'estime qu'en tout état de cause, même sur des placers où des cubes d'alluvion assurant une exploitation prolongée sont officiellement reconnus, il ne convient pas de dépasser pour l'amortissement d'une drague à or, une durée de cinq années.

Voici maintenant quelques chiffres destinés à fixer les idées sur les prix de revient extrêmement bas auxquels on est arrivé dans ces derniers temps, pour le draguage des alluvions aurifères en Nouvelle-Zélande et aux Etats-Unis.

Prix de revient du draguage aux Etats-Unis. — J'ai donné dans un ouvrage récent (1) des renseignements complets sur les draguages américains. Voici les principaux chiffres résumés :

Drague de la rivière Barmack (Californie).

Longueur	31 ^m 08
Largeur.....	10, 97
Tirant d'eau	0, 91
Poids total.....	317 tonnes.

2 chaudières de 125 chevaux, chauffées au bois.

Capacité des godets.....	148 litres.
Débit par minute.....	14 godets.
Débit théorique par heure.....	1.243 mètre cubes.

Prix de revient du draguage, **0 fr. 62 par mètre cube**, amortissement de la drague non compris.

Drague de la rivière Yuba (Californie).

Construite en 1896 dans les ateliers Risdon à San-Francisco.

Longueur	30 ^m 47
Largeur.....	7, 01
Tirant d'eau.....	0, 91
Capacité des godets.....	85 litres.
Débit par minute.....	15 godets.
Débit théorique par heure.....	68 mètres cubes.
Profondeur maxima du draguage.	14 mètres.

(1) E. D. Levat. Rapport au Ministre : *Guide pratique pour la recherche et l'exploitation de l'or en Guyane française*. Dunod, éditeur, Paris, 1898.

Prix de revient du dragage, **35 centimes par mètre cube.**

Drague électrique F. L. Graves.

Construite en 1897.

Le prix de revient a été de 4 1/2 cents par yard cube (0^m³,764), soit **0 fr. 31 par mètre cube.**

Drague Kankakee.

Construite en 1898 par The Hammond manufacturing Co, de Portland (Orégon).

Je n'ai pas vu, personnellement, travailler cette drague. Les constructeurs annoncent les résultats suivants :

Avec du charbon à 31 francs la tonne, la journée d'ouvrier à 15 fr. 50, la dépense journalière de l'appareil est de :

Main-d'œuvre, 6 hommes...	93' »
Combustible, 2 tonnes.....	62 »
Surveillance, réparations...	103 »
	258' »

Capacité théorique par journée de 10 heures : 2.000 yards = 1528 m. c.

Prix de revient $\frac{258}{1528} = \mathbf{0 \text{ fr. } 168.}$

Ce prix ne comporte, comme on le voit, ni frais généraux ni amortissement de l'appareil.

Prix d'une drague à or. — Le coût d'une grande drague, montée et mise en marche sur le placer, ne descend guère au-dessous de 300 à 400 mille francs, ce qui fait par jour de travail effectif (300 jours par an) environ 200 à 250 francs à ajouter au prix technique pour assurer l'amortissement en cinq ans.

Cela ferait dans le dernier cas envisagé, environ
0 fr. 32 par mètre cube extrait.

Prix de revient du dragage en Nouvelle-Zélande.

Voici un tableau extrait du dernier Rapport officiel du Service des Mines de Nouvelle-Zélande (1) qui montre à quel degré de perfection et d'économie on est arrivé dans cette contrée dans l'emploi des dragues à or.

Voici d'abord les caractéristiques d'un certain nombre de ces appareils, choisis dans diverses localités de la colonie :

Caractéristique de diverses dragues.

NOMS des dragues	COQUE			Longueur de l'écluse	Nombre de godets	Capacité des godets	Frais moyens par semaine	Nombre d'hommes employés par 24 heures
	Long- gueur	Lar- gueur	Hau- teur					
	mètres	mètres	mètres	mètres		litres	francs	
Tuapeka.....	18,28	7,31	1,37	10,96	26	99	655	7
Jutland Flat ..	25,60	7,31	1,57	15,84	29	99	1.296	8 à 10
Entreprise....	24,38	7,61	1,37	17,06	39	85	1.000	7
Manorburn ..	25,90	6,14	1,37	15,23	33	85	1.260	8
Unity.....	25,90	7,92	1,82	18,58	30	127	1.260	7
Golden Terrace n°1	27,43	5,47	1,82	21,94	44	71	957	9

Le tableau de la page suivante résume les prix de revient et les rendements obtenus avec ces mêmes appareils.

La production de la drague Tuapeka (n° 1) est le résultat de neuf mois de travail seulement.

Le prix de revient du Jutland Flat (n° 2) comprend tous les frais, les réparations et les temps d'arrêt.

Il est intéressant de constater que ces teneurs extrêmement faibles, permettent néanmoins aux compagnies exploitantes de distribuer des dividendes considérables à leur capital. Les chiffres qui suivent sont instructifs à cet égard.

(1) The New Zealand Official Year Book 1899, by E. J. Von Dadelszen, Registrar general, Wellington. John Mackay gov printer, page 515.

Prix de revient du dragage.

N° D'ORDRE	NOM DES DRAGUES	NATURE DES ALLUVIONS	PROFONDEUR du DRAGAGE	CUBE MOYEN extraît par heure	CUBE TOTAL traité par année	DÉPENSE par mètre cube	VALEUR de l'or recueilli	
							par mètre cube	totale
			mètres	m. c.	mètres cubes	centimes	centimes	francs
1	Tuapeka	Argile et graviers (repassages).	3,65 à 4,26	53	275.000	10,237	11,61	31.973
2	Jutland Flat.....	Graviers quartzeux, schistes en gros blocs ...	4,52 à 6,70	56	313.500	21,15	35,62	111.686
3	Entreprise.....	Graviers moyens.....	5,48 à 9,14	30	206.000	27,30	54,80	106.722
4	Manorburn.....	Gravier.....	2,13 à 6,09	45	236.800	23,88	26,94	63.806
5	Unity	Gravier gros et fin.....	3,04 à 10,67	76	267.400	20,47	"	"
6	Golden Terrace n° 1.	Gros gravier	4,26 à 7,62	42	289.307	16,65	29,70	85.932

Dividendes payés par diverses Compagnies de dragages aurifères en Nouvelle-Zélande.

NOMS DES COMPAGNIES	CAPITAL social actuel	VALEUR de l'or produit en 1899	PRO- DUCTION totale depuis la création	MONTANT total des dividendes distribués	RAPPORT des dividendes aux recettes
	Francs	Francs	Francs	Francs	
Clyde Dredging Co.....	97.020	98.985	390.438	183.960	47 %.
Dunedin Gold Dredging...	190.000	58.350	1.537.200	378.750	23
Empire Gold Dredging...	74.250	70.750	70.750	24.000	33
Entreprise Gold Dredging.	50.000	105.975	390.825	72.025	18
Golden Beach Co.....	112.500	134.425	136.700	36.875	41
Golden Gate Dredging...	162.500	172.125	274.700	75.000	27
Golden Run Dredging...	194.950	69.300	519.850	129.850	24
Golden Treasure Dredging	34.600	82.425	485.400	192.325	39
Golden Terrace Dredging.	93.750	154.425	154.425	12.500	8
Jutland Flat.....	100.000	116.325	706.279	187.500	26
Otago gold Dredging.....	50.000	131.100	295.400	117.500	40

Voici les dividendes déclarés pour certaines de ces compagnies pendant le 1^{er} trimestre de 1900 (1) (actions de 1 £ entièrement payées).

NOMS DES COMPAGNIES	DIVIDENDES PAYÉS			TOTAL pour le 1 ^{er} trim. de 1900	% du capital versé
	Janvier	Février	Mars		
Entreprise.....	1sh0	2sh0	1sh0	4sh0	20 %
Hartley et Riley.....	7.6	»	10.0	17.6	88
Success.....	2.0	»	2.0	4.0	20
Tuapeka.....	1.6	1.0	»	2.6	13
Evans Flat.....	1.0	1.0	»	2.0	10
Inch Valley.....	1.0	1.0	»	2.0	10
Golden Treasure.....	6.0	»	1.0	7.0	35
Golden Gate.....	6.0	»	5.0	11.0	55

(1) Extrait du *New Zealand mining Record*. Publication officielle du Bureau des Mines. Vol. III, n° 7 à 9. Année 1900.

Dans ces tableaux ne figurent pas les affaires de draguage les plus célèbres, qui appartiennent à des Syndicats et dont les rendements ne sont pas publiés. On sait toutefois qu'ils sont considérables. Le « Mining Act » de 1898 qui va être appliqué dans la Colonie, oblige tous les exploitants, sans exception, à remettre tous les six mois, aux Inspecteurs des Mines du district, leurs tableaux de production, de sorte que les statistiques futures donneront des renseignements plus complets sur cette nouvelle industrie.

Un des cinq établissements de crédit d'Otago, a acheté l'or produit par les dragues de la région pendant une période de douze mois, finissant au 31 mars dernier, pour une somme supérieure à 2.500.000 francs.

Limite d'exploitabilité par draguage. — Les prix que je viens de citer ne comprennent évidemment ni frais généraux ni amortissement, de sorte qu'on serait exposé à de graves erreurs si, en les prenant à la lettre, on entreprenait dans des pays neufs, des draguages sur des alluvions contenant des quantités aussi minimes de métal précieux par mètre cube excavé et lavé, que celles portées dans les tableaux qui précèdent.

L'expérience m'a prouvé, en ce qui concerne la Guyane, pays encore presque inexploré et où les conditions locales tant pour le transport des dragues et leur mise en place que pour leur exploitation proprement dite sont réellement très coûteuses, qu'on doit limiter à **2 francs par mètre cube comme teneur effective de draguage**, le chiffre auquel il convient de s'arrêter pour être certain de draguer avec bénéfice une alluvion déterminée, en amortissant en 5 années le coût initial de l'appareil et en payant tous les frais sans exception : frais généraux dans la colonie, frais d'agence à Cayenne, impôts, redevances, rapatriement du personnel, etc.

Par contre, des teneurs de 6 à 8 francs par mètre cube excavé, non seulement ne sont pas rares dans le lit des rivières et dans les placers de la Colonie, mais elles sont même complètement négligées et considérées comme sans valeur aux yeux des exploitants du pays. Ces derniers ne s'occupent guère d'une alluvion que si elle paie ce qu'ils appellent dans leur langage spécial : « deux sous à la batée » équivalant à 15 francs au mètre cube, et c'est effectivement à cette limite qu'ils doivent s'arrêter pour ne pas risquer de perdre de l'argent avec les moyens restreints dont ils disposent, la cherté des vivres, la difficulté des ravitaillements et le manque de bras.

On voit que la marge est grande pour l'emploi des procédés mécaniques.

DEUXIÈME PARTIE

Méthode pour le cubage des placers.

J'ai gardé pour la fin de cette notice l'exposé de la méthode que j'emploie pour le cubage préalable des placers à exploiter par draguage, bien que dans l'ordre chronologique des faits, cette opération essentielle doive toujours précéder l'installation d'une drague à or.

Importance majeure du cubage préalable.

Les échecs dus à une prospection insuffisante ou tronquée des alluvions aurifères, avant d'y installer des appareils mécaniques destinés à les traiter, sont si fréquents que je pourrais donner une longue liste en ne citant que ceux qui me sont personnellement connus.

C'est une tendance naturelle au mineur d'or, toujours enclin à penser que les circonstances défavorables

peuvent bien atteindre les autres, mais ne sont pas faites pour lui. Les prospecteurs de filons aurifères qui dépensent plusieurs centaines de mille francs pour monter une batterie de vingt ou de quarante pilons sur de simples échantillons superficiels, avant d'avoir ouvert leur mine, constituent d'ailleurs une catégorie tout aussi nombreuse que les placériens travaillant au petit bonheur.

Toutes deux sont vouées à une même fin lamentable.

Il convient pour éviter de pareils mécomptes de suivre pour le cubage des placers une méthode régulière et scientifique, conçue de manière à réduire au minimum les surprises dans l'évaluation des teneurs et à réserver un coefficient de sécurité tel, qu'on soit toujours assuré que les résultats donnés par l'exploitation seront supérieurs aux chiffres résultant du sondage.

Méthode à suivre.

La méthode est basée sur deux principes fondamentaux :

1° Multiplier suffisamment les sondages pour que les cas particuliers dans l'un ou l'autre sens (enrichissements extraordinaires ou appauvrissements subits) soient noyés dans un nombre suffisant de prises d'essai pour que leur influence perturbatrice ne réagisse pas sur le résultat définitif.

2° Développer d'autant plus les sondages que les teneurs trouvées sont plus fortes, de manière à délimiter et à circonscrire exactement les portions exceptionnellement riches de l'alluvion.

J'exécute uniformément mes sondages au moyen de sondes de 100 à 120 millimètres de diamètre extérieur, montées sur tige et manœuvrées à bras (1), et je n'emploie

(1) Ce matériel est fourni par la maison Arrault, à Paris.



DRAGUE A LONG COULOIR (GUYANE FRANÇAISE)



**DRAGUE A LONG COULOIR EXPLOITANT UN PLACER
EN GUYANE FRANÇAISE**

(Vue arrière)

le tubage préalable des trous que tout à fait exceptionnellement, dans les sables bouillants par exemple, où il est impossible de passer avec la cuiller ouverte ordinaire qui est l'appareil le plus favorable pour l'extraction des carottes du terrain à explorer et la constatation des épaisseurs relatives du stérile et de l'alluvion payante.

Cette dernière est mise à part dans une batée, depuis le moment où la sonde pénètre dans la couche aurifère jusqu'à ce qu'on ait atteint le bed-rock et enlevé une épaisseur de ce dernier variant entre 10 et 20 centimètres. Cette épaisseur du bed-rock payant est ajoutée à la puissance totale de la couche aurifère.

On réunit alors toutes ces matières aurifères ; on les jauge, en les comprimant dans un double litre et on les lave à la batée pour peser l'or qu'elles contiennent. Les pépites, si on en trouve, *ne doivent pas être comprises dans le poids de la batée* ; on se contente de noter leur présence, à la colonne des observations du carnet de sondage.

On obtient ainsi la teneur, en grammes au mètre cube, de l'alluvion aurifère proprement dite.

Pour passer de là à la teneur de draguage, il faut multiplier le nombre ainsi trouvé par un rapport, que j'ai désigné sous le nom de *Rapport caractéristique de l'alluvion*, qui n'est autre chose que la proportion existant entre l'épaisseur de la couche aurifère et la puissance totale de l'alluvion depuis le bed-rock jusqu'à la surface du sol.

En résumé, comme il faut faciliter le plus possible le travail exécuté par des sous-ordres sur le terrain même, le carnet de sondage du chef de prospection ne comporte que les éléments suivants : Epaisseur du stérile, profondeur du bed-rock et volume de l'alluvion recueillie par la sonde. Les autres éléments se déduisent de ces chiffres.

On doit noter aussi la nature du bed-rock, qui joue un rôle essentiel dans la réussite du draguage.

Modèle de carnet de sondage.

N° DES LIGNES	N° DES TROUS	Equidistance des trous	STÉRILE	PROFONDEUR du bed-rock	COUCHE	Volume lavé	OBSERVATIONS
		Mètres	Mètres	Mètres	Mètres	Litres	
IX	1	»	0,66	1,72	1,06	3,50	Or gros.
»	2	20	1,50	3,40	1,90	4 »	1 pépité de 15 centig.
»	3	20	1,05	3,45	2,10	4,50	Or fin, glaise.
»	4	20	1,28	3,18	1,90	3,75	Or moyen, id.
»	5	20	1,45	3,50	2,05	3,50	Or fin, id.
»	6	20	1,80	3,70	1,90	3,50	Traces d'or, id.
»	7	20	2,00	2,90	0,00	1,50	id., fond rocheux.

Ces éléments, accompagnés du plan du terrain, sont suffisants pour l'établissement à tête reposée, et après la pesée à domicile des batées rapportées du chantier, des coupes en travers de l'alluvion considérée.

Il va sans dire que j'opère, comme le bon sens l'indique, sur une série de profils en travers exécutés dans la vallée, à des distances qui, on va le voir, ne sont pas quelconques et qui dépendent, au contraire, de la nature et du tempérament des alluvions.

Il est évident, en effet, que si on n'était pas tenu par des considérations de temps et d'argent, on pourrait exécuter les sondages suivant une série de lignes transversales à la vallée, espacées de 100 mètres par exemple les unes des autres, dans lesquelles on pratiquerait des trous à intervalles réguliers, de manière à constituer un réseau suffisamment serré pour qu'aucun enrichissement, même de surface minime, n'échappe au chef de prospection. Mais, on peut gagner beaucoup de temps et diminuer notablement les frais, tout en conservant la même exactitude, en opérant d'une

manière méthodique, rationnelle, en faisant porter en définitive, avec les mêmes frais, la prospection d'ensemble sur une surface infiniment plus considérable.

Tempérament des alluvions. — La connaissance du *tempérament* d'une alluvion, c'est-à-dire du mode général de distribution de l'or, n'exige habituellement, de la part d'une personne exercée, que le creusement d'un petit nombre de trous. En principe, lorsque l'or est fin, régulier, réparti depuis le haut jusqu'au bas de la couche et que l'enrichissement sur le bed-rock tout en étant bien sensible, n'est pas excessif, on peut augurer d'une manière certaine que l'alluvion offre de grandes chances pour présenter une teneur régulière et constante sur de grandes surfaces. C'est un cas éminemment favorable.

Les caractères contraires, à savoir : or gros, présence de pépites, couche mince et presque stérile à la partie supérieure, accroissement subit et considérable de la teneur sur quelques centimètres seulement au contact du bed-rock, font prévoir un enrichissement discontinu, exigeant beaucoup de sagacité dans le percement des trous. C'est cet ensemble de caractères que les prospecteurs désignent quand ils annoncent que l'or est « poché » dans le placer.

Réseau primaire. — Dans l'un et l'autre cas, on commence par un réseau à grandes mailles, constitué par des lignes transversales, situées à 200 mètres les unes des autres. Dans ces lignes, l'équidistance normale des trous qui est de 20 mètres, est prise de manière à les exécuter en quinconces, c'est-à-dire que si dans la ligne I, par exemple, le traçage se fait à 20, 40, 60 mètres, etc., du pied de la montagne, dans la ligne suivante on prendra 10, 30, 50, etc.

Si trois lignes successives ne donnent pas de résultat,

on fera, avant d'abandonner, deux lignes vers l'amont et deux vers l'aval, à 400 mètres l'une de l'autre. Si, au contraire, deux lignes consécutives donnent des teneurs payantes, on exécutera immédiatement la ligne intermédiaire à 100 mètres de chacune d'elles, et on la sondera aussi avec l'équidistance normale de 20 mètres pour les trous.

Réseau complémentaire. — Enfin, dans chacune des lignes payantes, on exécutera entre les trous ayant donné des teneurs supérieures aux teneurs minimum qu'on s'est préalablement fixées, des trous à la distance de 10 mètres et même, dans les placers à or poché, à l'équidistance de 5 mètres pour déterminer exactement la largeur transversale des poches riches. Ce dernier chiffre est, en effet, très important à connaître, car la drague exige, pour pouvoir avancer, une largeur minima d'emprise qui varie, bien entendu, avec les dimensions de l'appareil, mais qui ne descend guère au-dessous de 18 mètres. Si, par conséquent, la partie éminemment riche d'une poche n'atteint pas cette largeur, il faut tenir compte du stérile à abattre à droite et à gauche de la veine riche, de manière à faire payer par la partie exploitable les frais de draguage de toute la largeur de l'emprise et se rendre compte si, dans ces conditions nouvelles, l'alluvion reste encore exploitable avec profit.

Graphique de M. Pottureau. — M. Pottureau, ingénieur, mon collaborateur en Guyane, est l'auteur d'une méthode graphique très pratique et rapide, qui permet de représenter sur le papier les divers éléments du problème et de résoudre ainsi, par une simple mesure prise au décimètre, les diverses questions qui se posent dans un cubage d'alluvions.

Voici, en quelques mots, en quoi consiste cette méthode de représentation graphique.

Reprenons par exemple le carnet de sondage de la page 58 qui, après pesée et mise au mille, des batées rapportées du chantier, permet d'établir la coupe suivante (PL. II, FIG. 2, page précédente).

Voici les éléments des 7 trous constituant le sondage de cette ligne.

	ÉLÉMENTS MESURÉS	SONDAGES						
		N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7
1	Épaisseur de stérile	0 ^m 66	1 ^m 50	1 ^m 05	1 ^m 28	1 ^m 45	1 ^m 28	2 ^m .
2	Épaisseur de la couche	1 ^m 06	1 ^m 90	2 ^m 10	1 ^m 90	2 ^m 05	1 ^m 90	0 ^m 90
3	Rapport caractéristique.....	0,616	0,56	0,665	0,60	0,585	0,60	0,31
4	Valeur de l'alluvion (p. m. c.)..	2 ^f 02	26 ^f 62	23 ^f 62	13 ^f 50	7 ^f 25	4 ^f 25	3 ^f 10
5	Valeur de draguage (p. m. c.).....	1 ^f 24	13 ^f 20	15 ^f 70	8 ^f 10	4 ^f 25	2 ^f 55	0 ^f 96
	Produit de (3) × (4).							

Les valeurs exprimées au n° 4 de ce tableau, en francs au mètre cube, s'obtiennent en multipliant le nombre de grammes d'or au mètre cube d'alluvion, déduit du poids d'or donné par le lavage à la batée, par 2 fr. 80, prix net à Cayenne du gramme d'or, impôt de la colonie déduit (8 % ad valorem).

Graphique. — Pour établir le graphique, on prend pour origine le point le plus bas du sondage. C'est celui où passe la rivière ou le ruisseau alimentant le placer (le trou de sondage n° 1 dans l'exemple choisi) ; et on construit sur papier quadrillé à 5 millimètres, avec les éléments du tableau ci-dessus, les courbes suivantes (PL. II, FIG. 1, page précédente) :

A. — La courbe des aires de la surface du sol au-dessus du zéro du sondage, pris au point le plus bas. Equidistance : 4 mètres sur l'axe des x .

B. — La courbe des aires du bed-rock au-dessus du même niveau. Même équidistance que pour A.

Il est évident que la différence de ces chiffres donne, en un point quelconque de l'axe des x , l'aire totale du cube à déplacer (alluvion aurifère + stérile).

C. — La courbe des recettes brutes par mètre courant. Echelle : 1 millimètre pour 10 francs. Cette courbe donne pour un point quelconque de l'axe des x la valeur totale de l'or contenu dans la section depuis l'origine jusqu'à ce point.

D. — La courbe des teneurs moyennes de draguage (alluvion aurifère + stérile). Echelle : 10 millimètres pour 1 franc.

Avec ces éléments, on peut résoudre immédiatement la question du draguage sur une largeur déterminée de l'alluvion et connaître la teneur correspondante.

Exemples de la méthode.

Draguage en une seule passe de 25 mètres.

La drague enlèvera la partie $\alpha \beta$.

Aire totale en α 21,80 — 1,20 = 20^{m²},60 soit 20^{m³},600 au mètre courant.

Aire totale en β 81,00 — 8,50 = 72^{m²},50 soit 72^{m³},500 au mètre courant.

Cube à enlever par mètre courant 51^{m³},900

Recette :

En α 60 francs.

En β 330 »

Différence. 270 » valeur à réaliser par mètre courant.

Teneur au mètre cube... .. $\frac{270}{51,9} = 5',22.$

Draguage en deux passes (50 mètres d'emprise).

Cube		Recette	
En γ :	12,5 — 1,00 = 11,50	En γ :	30 ^f
En δ :	132 — 18,50 = 113,50	En δ :	455
$\delta - \gamma = 102^m$		$\delta - \gamma = 425^f$	

$$\text{Teneur au mètre cube } \frac{425}{102} = 4',16$$

Draguage en 3 passes (75 mètres d'attaque).

Cube		Recette	
En γ :	12,5 — 1 = 11,50	30 francs.	
En λ :	200 — 32 = 168	630	
$\lambda - \gamma = 156,500$		600	

Valeur à retirer au mètre courant : 600 francs.

$$\text{Teneur au mètre courant } \frac{600}{156,5} = 3',82.$$

et ainsi de suite.

Emploi des courbes « isofrancs ». — Il est facile, comme on le voit, de déduire de cette abaque la traduction en courbes « isofrancs » d'une alluvion dont le cubage a été opéré d'après ma méthode. Il suffit, en effet, après avoir tracé à l'échelle les profils en travers successifs, de réunir par un trait continu les divers points ayant sur ces profils une teneur de draguage égale, c'est-à-dire, je le répète, une teneur égale, *couche aurifère et alluvion comprise*. On obtient alors la figure de la PL. III qui est tout à fait caractéristique au point de vue du relief qu'elle donne aux enrichissements locaux, aux zones riches qui sont, comme on le comprend, complètement indépendantes de la forme topographique du bed-rock.

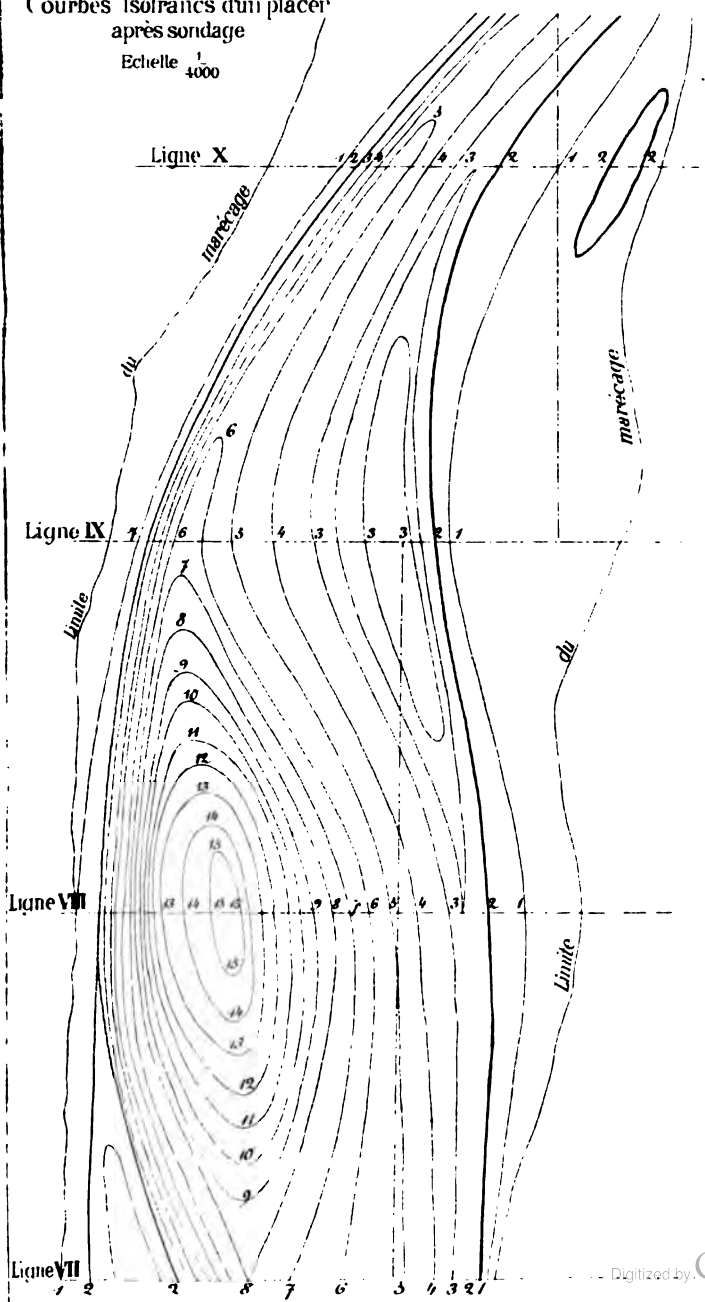
La même figure permet de choisir à volonté le genre de travail à faire exécuter à l'appareil, suivant la limite

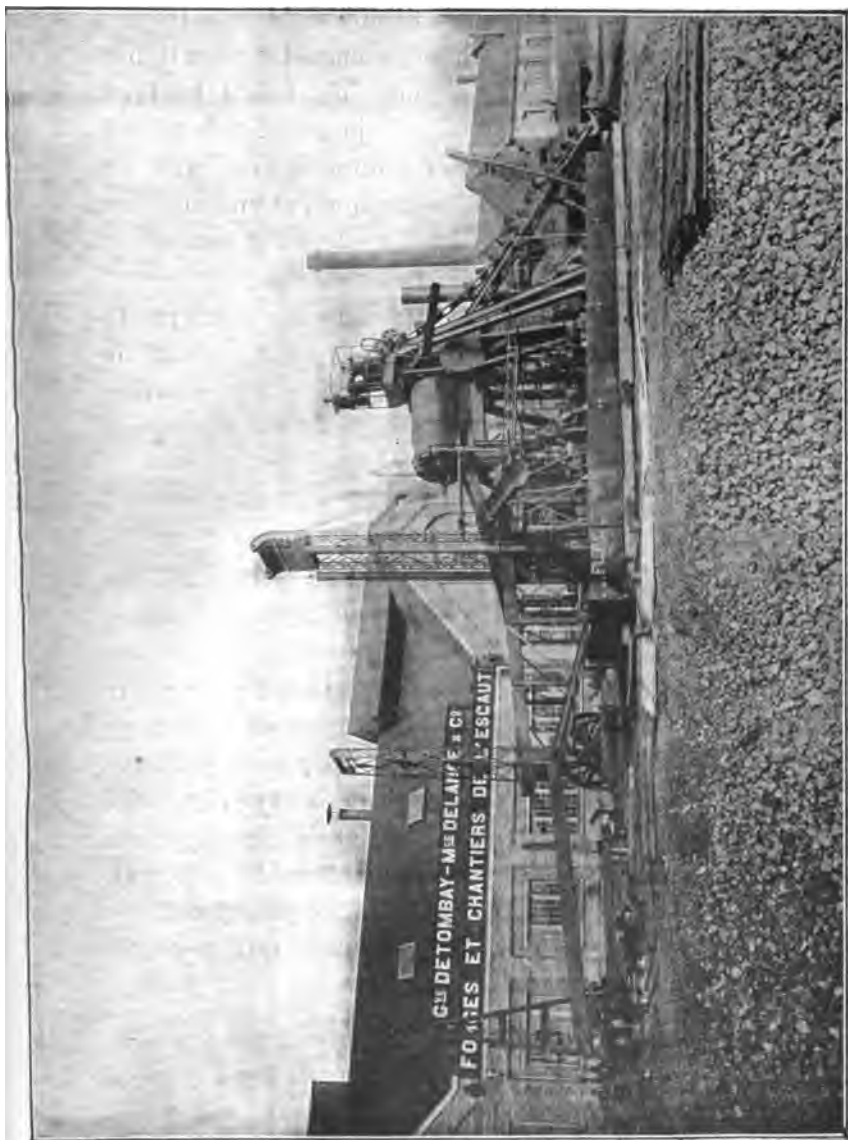
MÉTHODE POUR LE CUBAGE DES PLACERS Pl. III

Fig.1

Courbes Isofrancs du placer
après sondage

Echelle $\frac{1}{4000}$





DRAGUE LEVAT SUR CHANTIER

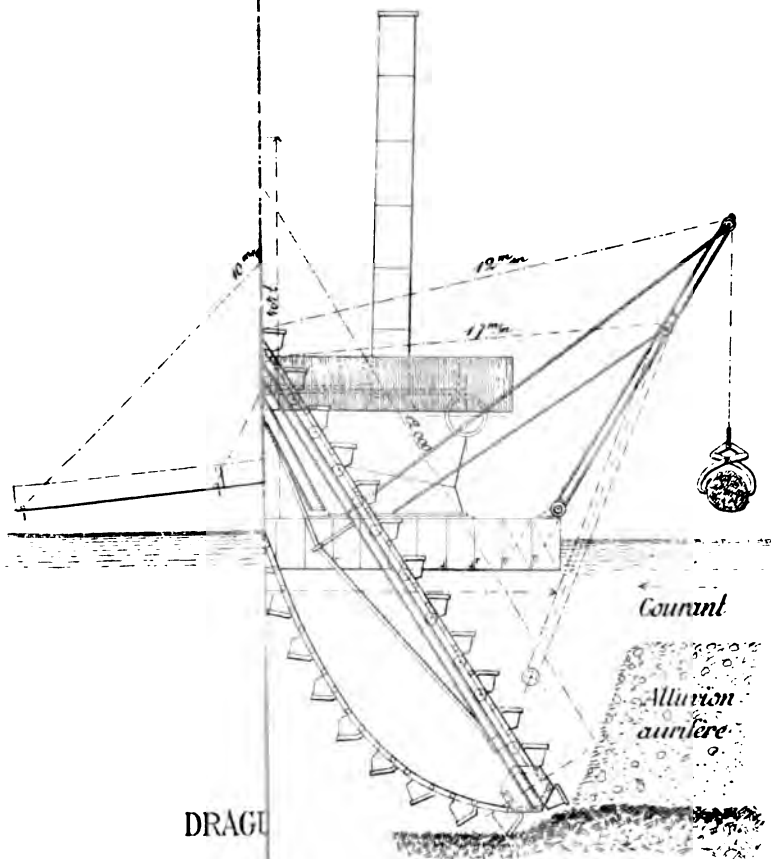
inférieure de draguage qu'on adopte. Dans le cas par exemple dont j'ai donné la représentation à la Pl. III, on peut, si on descend jusqu'à l'isofranc de deux francs, draguer toute la surface comprise entre les deux lignes rouges, et réaliser ce cube dans un temps facile à déterminer connaissant la capacité journalière de travail de la drague ; ou bien se limiter à l'isofranc de trois francs, ce qui, dans le cas que j'ai envisagé, ne diminue pas beaucoup le cube à exploiter et assure par contre une recette journalière plus élevée.

Notons que les alluvions délaissées au moment du premier passage sont abandonnées sans espoir de retour, car on ne peut songer à venir les reprendre après coup, enterrées sous les résidus stériles évacués à l'arrière de la drague.

On voit combien une préparation exécutée de cette manière donne de souplesse à une affaire de draguage en lui permettant, soit de ralentir sa production en travaillant les alluvions jusqu'à leur limite inférieure d'exploitabilité, soit au contraire de s'attaquer uniquement aux parties riches, s'il est nécessaire pour maintenir une production, de donner un coup de collier.

En ayant en exploitation plusieurs placers préparés de cette manière, on peut arriver à une régularité parfaite de leur production et éviter des à-coups dans les quantités mensuelles d'or produites, à-coups qui, quel que soit le sens dans lequel ils se produisent, ont toujours sur l'affaire, et sur les titres qui la représentent, une fâcheuse répercussion.

Coefficient de sécurité. — En opérant les sondages comme je viens de l'indiquer, on peut, sans chances d'erreur, adopter pour les chiffres à garantir et à inscrire sur les plans de sondage, *ceux-là mêmes qui sont constatés par la pesée de l'or réellement extrait des batées d'essai.*



DRAGUE

de 50 metres

démontable

en pièces de

Echelle

Ancrage
babord

Ancrage
tribord

Deux éléments viennent en effet influencer, dans le même sens, pour produire sur les résultats donnés par la batée une diminution d'environ 30 % sur la teneur réelle des alluvions prospectées par mon procédé.

1° *Foisonnement*. — J'ai dit que je mesurais dans un double litre la totalité des terres aurifères extraites d'un trou de sondage avant de la laver, de manière à permettre la mise au mille. En opérant ainsi, on mesure une terre foisonnée qui, quelque soin qu'on prenne pour la comprimer sérieusement, occupe toujours un volume supérieur de 10 % environ à celui qu'elle avait au sein de la terre. La teneur trouvée étant calculée sur le volume foisonné, se trouve par conséquent diminuée dans la même proportion de 10 % par rapport à la teneur réelle des alluvions en place, non foisonnées, dont on opère le cubage.

2° *Pertes d'or dans le sondage*. — Pendant la descente de la sonde, il y a toujours perte d'or par suite des secousses inévitables de l'appareil en cours de travail et de la tendance irrésistible du métal précieux, lorsqu'on le remue sous l'eau avec des matières terreuses, à gagner le fond.

Pour me rendre compte de l'importance de ce déchet, j'ai fait un grand nombre d'expériences comparatives en faisant concurremment avec le trou de sonde un trou de prospection ordinaire, consistant dans une fosse de 2 mètres de long sur 1 mètre de large, allant de la surface du sol au bed-rock, avec enlèvement de l'alluvion aurifère à la pelle et lavage à la batée de la totalité du cube extrait.

La différence varie entre 20 et 30 % au détriment de la teneur reconnue par les sondes à tiges. Elle est plus forte lorsque l'or est gros et confiné sur les derniers centimètres du bed-rock, que lorsque le métal précieux

est réparti uniformément en grains fins dans toute l'épaisseur de la couche. Cette circonstance est favorable à l'appréciation donnée par les sondes à tiges, attendu que dans les alluvions à or poché, il convient d'adopter un coefficient de sécurité supérieur à celui que nécessitent les alluvions à enrichissement régulier.

Conclusions.

J'espère avoir fait clairement comprendre dans cette notice que les dragages aurifères sont entrés maintenant dans une période d'exploitation pratique, qui leur assure une place parmi les méthodes classiques de traitement des alluvions aurifères, au même titre que l'abatage hydraulique des Américains, le procédé Sibérien, etc. J'ai tenu surtout à bien faire comprendre que l'emploi des dragues à or, à condition, toutefois, que l'installation de ces appareils soit précédée par un sondage méthodiquement exécuté, présente une sécurité aussi grande que tout autre procédé de traitement de placers, tant au point de vue des capitaux immobilisés qu'à celui de la conduite même de l'exploitation.

J'espère enfin avoir mis en évidence ce point essentiel, à savoir que des sondages bien faits permettent d'obtenir une régularité de production et par conséquent une sécurité dans la rémunération des capitaux engagés, qui n'ont que trop souvent fait défaut dans les affaires de placers conduites par d'autres méthodes.

CHAPITRE VI

BANQUET

Jeudi 21 Juin 1900.

Le jeudi 21 juin 1900, à huit heures du soir, les membres du Congrès des Mines et de la Métallurgie se sont réunis en un banquet dans les salons de l'Hôtel Continental.

Tous les délégués officiels et les membres étrangers présents à Paris avaient été invités à y assister par le Président et les membres du Comité d'organisation.

Ils avaient tenu en grand nombre à répondre à cette invitation, et les membres français du Congrès étaient venus nombreux eux aussi pour recevoir et fêter leurs hôtes.

Le nombre des Congressistes présents au banquet était de 335 dont environ 140 invités étrangers ou français.

À la table d'honneur avaient pris place, à la droite du Président du Congrès, M. Haton de la Goupillière, MM. Tschernoff, H. Darcy, Pellati, Chalmeton, Galloway, E. Schneider, Gattner, Tauzin, Kotsowsky, Delafond, Hrabak, Reumaux, Engel, lieutenant-colonel Braive, Comyn, Rolland, Sellerier, Grand'Eury, Guérin, Sainte-Claire-Deville, et à sa gauche, MM. Howe, Robert de Wendel, Muser, Buquet, Harzé, H. Fayol, Farbaky, F. Rainbeaux, Peake, Brull, Douglas, de Castelnau, Poech, Chesneau, Blankevoort, Hosoi, Raty, Heikes.

Chacune des onze autres tables était présidée par des représentants des grandes sociétés et associations françaises autour desquels se trouvaient ceux des ingénieurs étrangers qui n'avaient pu trouver place à la table d'honneur, trop petite pour pouvoir contenir tant d'ingénieurs éminents.

Discours de M. Haton de la Goupillière.

« Messieurs,

« Il m'est impossible de laisser s'achever cette soirée sans vous féliciter du beau succès qui vient de s'affirmer pour notre Congrès pendant ces quatre premiers jours.

« Ces félicitations doivent s'adresser avant tout à nos éminents collègues étrangers, et, pour les leur exprimer, tous mes camarades français voudront se joindre à moi. (*Applaudissements.*) Messieurs les ingénieurs étrangers ont d'abord le mérite, qui est loin d'être négligeable, d'avoir traversé de longues distances pour venir jusqu'à nous.

« Ils nous apportent une grande science, et nous saluons parmi eux beaucoup de noms qui étaient populaires au milieu de nous. (*Applaudissements.*)

« Nous avons beaucoup à apprendre de vous, Messieurs, et nous avons beaucoup appris ces jours derniers. Toutefois, vous avez vous-mêmes une chose à apprendre ici ; mais j'espère pourtant que déjà vous la connaissez. C'est le respect spontané qu'inspire toujours, dans notre pays, le vrai mérite, et qui se double aujourd'hui, à votre égard, du cordial et traditionnel sentiment de la vieille hospitalité française (*Applaudissements.*)

« Avec votre grand savoir, et en y joignant nos pro-

pres efforts, nous arriverons de plus en plus à reculer les bornes de l'inconnu et à combattre sans trêve le seul ennemi qui doit subsister : l'ignorance.

« Jamais encore le caractère international ne s'était autant accusé que dans ce Congrès. Les grands Etats qui sont nos voisins, de même que d'autres beaucoup plus éloignés, jusqu'au Japon, jusqu'au Siam, se rencontrent dans cette arène scientifique.

« L'extraordinaire extension qu'a prise dans ces derniers temps l'industrie minérale, se trouve mise en évidence par cela même.

« Nous atteignons plus loin que nos devanciers. Notre globe, qui avait encore, il y a une soixantaine d'années, des dimensions respectables, a subitement diminué. Il est devenu presque petit.

« Nos explorateurs en sillonnent toute la surface. Nos successeurs risqueront de s'y trouver à l'étroit.

« Si nous allons plus loin en surface, nous pénétrons aussi plus creux en suivant la verticale. L'une de nos plus intéressantes journées a été consacrée à cette question : les grandes profondeurs.

« Vous avez, sur ce sujet, formulé les hardiesses de l'avenir ; non pas les faciles hardiesses de l'imagination, mais celles des praticiens soucieux de laisser le moins possible à l'imprévu.

« Nous envahissons donc de plus en plus toute la matière de notre planète, en long, en large et en hauteur, et nous allons plus loin encore, car nous nous lançons témérairement dans le domaine que l'on appelait, quand j'étais élève, celui des fluides impondérables. Mes contemporains se rappellent parfaitement bien qu'il y en avait alors beaucoup de ces agents impondérables. Nous avons vu progressivement tous ces pauvres impondérables battre en retraite

devant un seul et unique athlète : l'énergie, ce protégée de la science moderne. (*Applaudissements.*)

« Et que de progrès pour nous dans cette marche en avant :

« La précision de la mesure des températures élevées, autrefois abandonnées au hasard pour le métallurgiste, pour le céramiste ; les merveilles révélées par le microscope sur la constitution des métaux ; l'électricité, la fée de notre époque, la reine des époques à venir, et tant d'autres horizons nouveaux, dont la nomenclature allongerait cette allocution au point de me rendre odieux à mes auditeurs. (*Applaudissements.*)

« Honneur donc aux auteurs de ces belles créations, aux Tschernoff, aux Robert Austen, aux Howe, à tant d'autres, mineurs ou métallurgistes, qui m'entendent ici, à d'autres encore restés loin de nous, mais qu'atteint notre pensée. (*Vifs applaudissements.*)

« C'est en leur honneur que je lève mon verre, en vous proposant un toast à Messieurs les Congressistes étrangers et à messieurs les délégués des gouvernements qui nous ont fait l'honneur de suivre nos opérations. » (*Vifs applaudissements.*)

Toast de M. Harzé.

« Messieurs,

« Ce n'est pas sans profonde émotion que je prends la parole à la suite de ce toast, d'éloquence de cœur, que vient de porter l'éminent professeur, le savant de notoriété universelle, l'ingénieur dont nous sommes fiers d'être les collègues.

« Et mon émotion paralyserait cette parole, si je ne pouvais invoquer ici plus que le sentiment de la confraternité professionnelle. Le sentiment qui me soutient, c'est celui qui lie les membres d'une même grande famille : la famille des ingénieurs. (*Applaudissements.*)

« Cette famille a ses quartiers de noblesse.

« La seconde moitié du siècle qui s'achève lui appartient. Le siècle qui va s'ouvrir lui appartiendra encore, à nous et aux autres travailleurs, nos collaborateurs ouvriers, qui plus que jamais n'échappent à nos préoccupations. Et en cherchant à leur assurer le bien-être et la sécurité, nous faisons acte de solidarité humaine. (*Applaudissements.*)

« En ce qui concerne nos rapports mutuels, nous formons une franc-maçonnerie technique, dans laquelle le désir d'être utile est tout le protocole (*Adhésion.*)

« Au surplus, pour grand nombre d'entre nous, la nature n'a-t-elle pas jeté un même trait d'union géologique.

« Notre vieux bassin houiller belge ne se prolonge-t-il pas au couchant en France, sinon même en Angleterre, et à l'est ne le retrouve-t-on pas dans le pays du Glückauf ?

« Nous exploitons donc des veines de même formation. Et qui dit veines, dit sang. Dans le langage du mineur, on rencontre l'expression « sang de la veine. » Nombre d'entre nous peuvent se réclamer d'être frères de sang géologique. (*Applaudissements.*)

« Et du point de vue historique, entre la wallonie belge et le nord de la France, il y a plus que de l'affinité de races.

« Rappelons-nous d'ailleurs que le vaillant coq gaulois recherchait ses compagnes tant en deçà qu'au delà de la ligne qui devait réunir plus tard Quiévrain, Quévy et Erquelines.

« Beaucoup d'ingénieurs ont suivi l'exemple du noble et valeureux gallinacé. Ils s'en sont bien trouvés et leurs femmes aussi (*Hilarité*). Quant à la belle France, elle a eu à s'en féliciter et la Belgique de même. (*Applaudissements.*)

« Si, par la force des choses, nous avons été vos précurseurs dans l'art d'exploiter la houille, si, à l'heure qu'il est, nous sommes avec quelque honneur aux avant-postes pour combattre contre les dangers du grisou et les difficultés des grandes profondeurs, c'est surtout en France que les progrès de cet art ont reçu leur plus parfaite consécration.

« Que l'on veuille bien m'excuser si, en cette fête cosmopolite, j'ai été entraîné par un sentiment naturel à parler de mon pays dans l'hommage que je rends ici à la France en envisageant les progrès accomplis et que proclame l'admirable exposition de Paris.

« C'est en l'honneur du maître qui, par son brillant professorat, incarne ses progrès que je lève mon verre, c'est en l'honneur de notre éminent Président, du savant membre de l'Institut qui, à une science profonde, joint l'urbanité la plus exquise, la plus séductrice, que je vous convie, Messieurs, à vider vos coupes. Honneur à l'ingénieur, à celui des nôtres, qui porte le nom illustre de Haton de la Goupillière. » (*Vifs applaudissements.*)

Toast de M. Chalmeton.

« Messieurs,

« Notre très honoré président nous a dit, lundi dernier, que M. GRUNER père avait été le promoteur des Congrès de l'Industrie minérale. Ayant eu l'honneur d'être un des élèves de Gruner et ayant pu par conséquent le voir souvent dans une quasi-intimité, j'avais conçu pour lui un vrai culte. Il personnifiait, à mes yeux, la science, la modestie, la bonté. Aussi est-ce avec le plus profond respect que je salue sa mémoire et je suis heureux de pouvoir dire ici que notre infatigable secrétaire a le droit d'être fier du nom qu'il

porte et qu'il porte si dignement. (*Très vifs applaudissements.*)

« Après cet hommage rendu à la mémoire d'un maître vénéré, je vous parlerai, si vous voulez bien m'écouter, de l'avenir. (*Parlez, parlez.*)

« Puisque vous m'y autorisez, je vais vous proposer de porter un toast, qui demande quelques explications préalables.

« Par un discours prononcé dans une réunion littéraire et scientifique, un magistrat très distingué a soutenu la thèse que le monde était en marche d'une manière continue vers le progrès.

« L'exposition de 1900 semble bien prouver que ce magistrat a raison, que le monde est bien réellement en marche, car en nous montrant ce qu'étaient la plupart de nos industries, il y a une soixantaine d'années seulement, elle nous prouve combien sont énormes les progrès réalisés en si peu de temps.

« La création des chemins de fer, l'application de la vapeur à la navigation, la photographie, la lumière électrique, le transport de la voix d'un bout de la terre à l'autre par un simple fil, l'emmagasinement de la force dans des accumulateurs, sont autant de merveilles qui dépassent tout ce que l'imagination avait pu concevoir.

« Et cependant, en présence de ces résultats, on a le sentiment que le vingtième siècle verra s'accomplir des progrès plus extraordinaires encore, tels que la navigation aérienne, la navigation sous-marine dans les eaux tranquilles, le transport de la vue à de grandes distances, l'emmagasinement de la chaleur solaire, etc.

« Dans l'ordre social, le monde est aussi en marche, le sort de l'humanité est en voie de progrès, il suffit pour s'en convaincre de se reporter encore à 60 ans en arrière.

« Le travailleur se nourrissait fort mal à cette époque, ne mangeait de la viande presque qu'une fois ou deux par an, habitait la même étable que sa vache ou son âne, et ne portait que des habits grossiers et sales. C'est aujourd'hui bien différent, nos ouvriers forgerons ou mineurs vivent aussi bien que la plupart des bourgeois.

« Certains esprits chagrins sont troublés par toutes ces transformations dans l'ordre physique comme dans l'ordre social, et voient l'avenir très en noir; les grèves les inquiètent; ils les considèrent comme les escarmouches d'une grande bataille prochaine, c'est-à-dire d'une révolution sociale violente.

« Messieurs, les vieilles gens seulement peuvent éprouver de pareilles craintes, mais nous, les jeunes, ayons foi en l'avenir et voici pourquoi (*Vifs applaudissements*) :

« La production est le résultat de l'association du capital, du travail et d'un troisième facteur que Charles Fourier a appelé le talent.

« Or, dans nos grandes industries, le capital c'est le patron, le travail c'est l'ouvrier, le talent c'est l'ingénieur dont le rôle est considérable; c'est à lui, en effet, que sont dus, en grande partie, les progrès réalisés dans l'ordre physique et dont l'Exposition nous offre le magnifique tableau. S'il est en quelque sorte l'âme de l'association, il est aussi l'intermédiaire naturel entre le capital et le travail, et c'est lui qui doit faire leur union. (*Applaudissements.*)

« Les patrons se montrent chaque jour de plus en plus disposés à améliorer le sort de leurs collaborateurs; vous en trouvez la preuve dans divers documents à l'Exposition de l'Economie sociale; vous en avez la preuve presque quotidienne dans les sacrifices qu'ils

s'imposent en envoyant à leurs frais de nombreux ouvriers visiter l'Exposition.

« Les travailleurs de leur côté sont, en très grande majorité, animés du meilleur esprit et ne demandent que ce qui est juste ; s'il y a des grèves fréquentes, elles sont l'œuvre de la minorité surexcitée par les menées intéressées des politiciens, et pour les éviter il suffit d'organiser la majorité des ouvriers de manière à ce qu'elle se sente assez les coudes pour ne pas avoir peur et pour imposer au contraire sa volonté.

« Ceci dit, je bois à l'illustre ingénieur qui nous fait l'honneur de nous présider, je bois ensuite au Corps des ingénieurs français et étrangers, et particulièrement aux jeunes ingénieurs, auxquels comme doyen, je donne l'ordre de faire l'union du capital et du travail, et par conséquent de transformer en une simple évolution sociale pacifique, cette fameuse révolution sociale dont on nous menace sans cesse. » (*Vifs applaudissements.*)

Le professeur Tschernoff se lève ensuite et, d'une voix vibrante d'émotion, s'écrie que les mots lui manquent pour exprimer ce qu'il ressent en cet instant ; mais il veut au moins par une accolade fraternelle témoigner des sentiments qui débordent de son cœur.

MM. Tschernoff et Haton se donnent l'accolade aux applaudissements de toute l'assemblée qui se lève avec enthousiasme.

CHAPITRE VII

SÉANCE SOLENNELLE DE CLOTURE

Samedi 23 Juin 1900.

Présidence de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, Président,
Assisté de MM. KOTSOWSKY, LE NEVE FOSTER,
Présidents d'honneur,
et de M. GRUNER, secrétaire général du Congrès.
Secrétaire: M. PELLÉ.

La séance est ouverte à 4 heures 1/2.

M. le PRÉSIDENT. — Messieurs, nous avons actuellement terminé nos séances de sections, aussi bien pour la Métallurgie qu'en ce qui concerne les Mines. Elles ont été, comme vous l'avez vu, très nourries et très intéressantes. En ce moment, le Congrès se réunit en séance plénière comme au jour de l'ouverture. Nous avons pensé qu'il convenait d'y reporter une question qui nous intéresse tous au même titre. Elle émane de M. Henri Fayol auquel je suis heureux de donner la parole.

M. H. FAYOL. — Messieurs, avant-hier, à l'heure des toasts, nous avons eu le plaisir d'entendre des hommes, qui représentent au plus haut degré la science et l'expérience professionnelle, parler des remarquables

progrès de nos deux grandes industries et de l'heureuse influence qu'ont eue sur ces progrès les relations qui existent entre les ingénieurs du monde entier. M. Harzé a caractérisé ces relations en disant qu'elles établissent entre nous une sorte de franc-maçonnerie *technique*.

Je souligne le mot *technique*, Messieurs, parce qu'en effet, les communications qu'a reçues le Congrès sont à peu près exclusivement techniques. Aucun écho de nos préoccupations commerciales, financières et administratives ne s'y est fait entendre. Et cependant, le Congrès comptait des hommes particulièrement compétents en ces matières. Il est assurément regrettable, par exemple, que personne n'ait parlé de ces associations commerciales qui, sous les divers noms d'ententes, syndicats, comptoirs, trusts, ont pris depuis quelques années dans le monde industriel une si grande importance.

Mais j'arrive de suite aux questions *administratives* sur lesquelles je désire appeler l'attention, parce que l'enseignement mutuel que nous pratiquons si utilement dans le domaine technique me paraît appelé à rendre de non moins grands services dans le domaine administratif.

Le service technique et le service commercial sont assez bien définis ; il n'en est pas de même du service administratif ; sa constitution et ses attributions ne sont pas bien connues ; ses opérations ne tombent pas sous les sens ; on ne le voit ni bâtir, ni forger, ni vendre, ni acheter..., et cependant chacun sait que s'il ne fonctionne pas bien, l'entreprise périclité.

Ses fonctions sont multiples :

C'est lui qui prévoit et prépare les conditions finan-

cières, commerciales, techniques, etc., au milieu desquelles doit naître et vivre l'entreprise ;

Il préside à l'organisation, au recrutement et au fonctionnement du personnel ;

Il est l'instrument des relations de toutes les parties de l'entreprise entre elles et des relations de l'entreprise avec le monde extérieur....

Cette énumération, quoique incomplète, donne une idée de l'importance du service administratif. La charge du personnel suffirait seule à lui donner la suprématie dans la plupart des cas. Qui ne sait, en effet, qu'une entreprise, lors même qu'elle disposerait des engins et des procédés de fabrication les plus parfaits, est vouée à l'insuccès si elle est entre les mains d'un mauvais personnel ?

Pour représenter son mode d'action, j'emprunterai une comparaison à la physiologie :

Comme le service administratif d'une société industrielle, le système nerveux de l'homme n'est pas visible à l'observateur superficiel ; ses actes ne tombent pas directement sous les sens, et cependant, les muscles, bien qu'ils possèdent une énergie propre, cessent de se contracter si le système nerveux cesse d'agir. Sans son action, le corps humain devient une masse inerte, tout organe dépérit rapidement. Dans tous les organes et dans toutes les parties de chaque organe, le système nerveux est présent et actif. Par des cellules et des fibres, il recueille des sensations et les transmet d'abord à des centres nerveux inférieurs, centres réflexes, puis, de là, s'il y a lieu, au cerveau. De ces centres ou du cerveau part ensuite l'ordre qui, par un chemin inverse, arrive au muscle qui doit exécuter le mouvement.

La société industrielle a aussi ses actes réflexes ou ganglionnaires qui s'effectuent sans l'intervention

immédiate de l'autorité supérieure. En général cependant, le renseignement, l'information qui vient d'un agent en contact avec le monde extérieur ou avec un autre agent de l'entreprise, va jusqu'à la direction qui examine, décide et donne un ordre, lequel, par un chemin inverse, arrive aux agents d'exécution. Tel est le fonctionnement du service administratif ; tous les agents y participent plus ou moins.

- Sur cent heures consacrées à une grande entreprise industrielle, l'ouvrier emploie quelques heures seulement aux questions administratives : informations diverses transmises au contremaître ; discussion sur les salaires, la durée et l'organisation du travail ; temps consacré aux réunions de caisses de secours, de syndicats, etc...

Le contremaître qui reçoit et transmet les observations des ouvriers, qui reçoit des ordres, les transmet et en assure l'exécution, qui fait lui-même des observations et donne des avis, le contremaître, dis-je, consacre plus de temps au service administratif.

Cette part du temps absorbée par le service administratif grandit avec le rang occupé par l'agent dans la hiérarchie industrielle ; les questions d'ordre, de prévoyance, de discipline, d'organisation, de recrutement et d'éducation des ouvriers et contremaîtres, sont déjà pour l'ingénieur ordinaire des préoccupations importantes.

A ces préoccupations viennent s'ajouter, pour le directeur, les questions commerciales et financières, les relations avec l'Etat, etc... ; il s'ensuit que le temps donné aux questions techniques se réduit de plus en plus et qu'il devient presque insignifiant pour le chef d'une très grande entreprise.

Je ne dis rien des agents du service commercial, ni de ceux du service financier ou de tout autre service ;

en dehors de leur spécialité, ces divers agents jouent dans le service administratif un rôle analogue à celui des agents du service technique.

Tous les agents d'une entreprise participent donc plus ou moins à l'administration ; tous, par conséquent, ont l'occasion d'exercer leurs facultés administratives et de les faire remarquer. C'est ainsi que l'on voit parfois des agents, d'instruction rudimentaire mais particulièrement bien doués, passer par degrés du rang le plus infime aux rangs les plus élevés de la hiérarchie industrielle ou syndicale.

Mais les jeunes hommes qui, en sortant des écoles industrielles, exercent de bonne heure les fonctions d'ingénieur, sont particulièrement favorisés, soit pour faire leur éducation administrative, soit pour montrer leurs aptitudes ; car, en administration comme dans toutes les autres branches de l'activité industrielle, c'est surtout par les services rendus que le mérite se fait apprécier.

Les agents qui s'occupent plus ou moins d'administration dans les mines et les usines, comme d'ailleurs dans toutes les entreprises, sont donc une multitude ; c'est à eux et particulièrement aux ingénieurs que je demande des communications administratives analogues à celles qui s'échangent sur les questions techniques.

La bonne utilisation des dons physiques, moraux et intellectuels des hommes, n'est pas moins importante pour le bonheur de l'humanité que la bonne utilisation de nos richesses minérales. Tout en cherchant à dominer la matière, selon l'expression de notre éminent président, nous devons nous ingénier à nous dominer nous-mêmes, à découvrir et à appliquer les lois qui rendront aussi parfaits que possible l'organisation et le fonctionnement des machines administratives.

Pourquoi ne mettrions-nous pas en commun, pour le

bien de tous, nos observations, nos expériences, nos études ? Il y a des commissions internationales qui fonctionnent très utilement à la recherche des *méthodes d'essai des matériaux de construction* ; la recherche des meilleures méthodes de préparation et d'essai des agents de l'industrie mérite-t-elle moins de sollicitude ?

Pour faire des communications utiles, il n'est pas nécessaire d'embrasser magistralement tout l'ensemble d'une grande affaire ; dans l'ordre administratif comme dans l'ordre technique, ces sortes de travaux ne sont à la portée que d'un très petit nombre de personnes ; mais les plus petites communications ne sont pas toujours les moins intéressantes. Et combien de choses avons-nous à nous dire sur les moyens employés pour avoir de bons ouvriers, de bons contremaîtres, de bons ingénieurs, de bons agents supérieurs ? Combien sur les dispositions adoptées pour l'appareil administratif et sur les diverses manières de le faire fonctionner ?... C'est ce programme que je désirais présenter à la franc-maçonnerie de M. Harzé en lui demandant d'ajouter le domaine administratif au domaine technique. Je m'engage à apporter ma contribution.

En attendant, permettez-moi d'appeler votre attention sur une question de recrutement qui intéresse au plus haut degré nos deux grandes industries : on est d'accord sur la nécessité d'allier la théorie à la pratique dans l'éducation des ingénieurs ; mais c'est sur la question de mesure qu'on diffère. Les uns songent sans cesse à surcharger les programmes d'admission et les cours professés dans les grandes écoles industrielles ; d'autres pensent qu'on a déjà dépassé la limite de l'enseignement théorique nécessaire et qu'on fait perdre inutilement à l'élite de notre jeunesse un an ou deux qui seraient mieux employés dans la vie active. Je pense comme ces derniers.

Certes, il ne s'agit pas de ralentir le zèle et l'ardeur des études scientifiques ; loin de là. Je trouve au contraire que l'Etat ne traite pas assez libéralement les savants, et je crois que l'industrie s'honorerait et se fortifierait en fournissant les subsides nécessaires pour perfectionner les laboratoires et pour débarrasser les savants des soucis de la vie matérielle. Je souhaite que ce mouvement se produise bientôt dans notre pays.

Mais il y a loin de là à vouloir que chacun de nos ingénieurs soit un savant, et, à la façon dont on augmente sans cesse les programmes, il semble vraiment que tel est le but visé. On ne l'atteint pas ; et d'ailleurs, c'est parfaitement inutile. Voulez-vous savoir quel est l'usage qu'on fait par exemple, des mathématiques supérieures dans nos deux grandes industries ? Eh bien, on ne s'en sert pas. Quand j'ai eu constaté cela pour moi-même, après une carrière déjà longue, je me suis demandé si je ne faisais pas exception ; j'ai pris des renseignements et j'ai vu que c'est une règle générale : les ingénieurs ne se servent pas des mathématiques supérieures dans l'exercice de leurs fonctions et les directeurs pas davantage.

Il faut apprendre les mathématiques, c'est entendu ; mais dans quelle mesure ? Telle est la question qui se pose et que les professeurs ont presque toujours été seuls à résoudre jusqu'à présent. Or, en pareille matière, les professeurs me paraissent particulièrement redoutables, et d'autant plus qu'ils sont plus savants et plus zélés. Ils voudraient transmettre toute leur science et trouvent que les élèves quittent toujours trop tôt les bancs de l'école. De là beaucoup d'efforts inutiles et beaucoup de temps perdu. Et l'industrie, qui a besoin de jeunes gens bien portants, souples, sans prétention, je dirais même pleins d'illu-

sions, reçoit souvent des ingénieurs fatigués, anémiés de corps et d'esprit, moins bien disposés qu'on peut le souhaiter aux besognes modestes et à ces beaux efforts qui rendent tout facile.

Je suis convaincu qu'on pourrait les rendre plus tôt à la vie active et tout aussi bien préparés, en supprimant de l'enseignement actuel les choses inutiles.

L'administration, qui comporte l'application de nombreuses connaissances et de beaucoup de qualités personnelles, est surtout l'art de manier les hommes ; et dans cet art, comme dans beaucoup d'autres, c'est en forgeant qu'on devient forgeron. C'est l'une des raisons pour lesquelles il faut le plus tôt possible rendre à la vie active les futurs ingénieurs ; un trop long séjour sur les bancs de l'école a beaucoup d'inconvénients.

A mon avis, dans cette question de mesure, c'est l'Industrie qui doit avoir voix prépondérante. C'est elle qui utilise les produits des écoles ; comme tout consommateur, elle a le droit de faire connaître ses désirs, et cela lui serait facile en France par l'intermédiaire des deux organes qui la représentent : le Comité des Forges et le Comité des Houillères.

Permettez-moi, Messieurs, en terminant, de rappeler le but de cette communication : c'est que les ingénieurs étendent désormais au service administratif l'enseignement mutuel qu'ils ont pratiqué avec tant de succès dans le service technique.

M. le PRÉSIDENT. — Messieurs, vos applaudissements indiquent assez à M. Fayol combien il a touché juste. Il y a d'ailleurs trente ans que je vois M. Fayol toucher toujours juste. Cependant, il me permettra, je l'espère, quelques observations, car il faut bien que les mathématiques trouvent ici quelque défense.

Messieurs, j'ai commencé ma carrière par les mathématiques pures. Pendant vingt ans, j'ai enseigné à l'Ecole des Mines ou à la Sorbonne les calculs différentiel et intégral, ainsi que la mécanique. En ce qui concerne l'Ecole des Mines, j'étais pénétré des idées que vous a développées M. Fayol ; je faisais un cours très limité de calcul différentiel et intégral que j'avais réduit à dix leçons, et dans lequel j'avais soigneusement condensé tout ce qui me paraissait nécessaire pour mettre les élèves en état de traverser tout le reste de l'enseignement. Plus tard, je suis passé au cours d'exploitation des mines et de machines. Celui d'analyse a été alors confié à un homme absolument éminent (les professeurs de l'Ecole des Mines savent bien qui je veux dire), un mathématicien de premier ordre qui a cru devoir donner à ce cours un développement tout différent. Depuis lors, on a respecté cette ampleur apportée par mon successeur ; mais je crois que ce que dit M. Fayol est juste, et qu'il conviendrait de réduire les mathématiques pures à ce qu'ont à appliquer les jeunes gens. Toutefois, je vais mettre ici une réserve à mon approbation. Il ne faut pas seulement en effet que l'ingénieur soit en état d'exécuter les calculs futurs qui, d'après M. Fayol, se réduiraient presque à rien ; il faut tout d'abord que l'élève puisse traverser l'Ecole, et il est nécessaire que l'enseignement y soit présenté avec une précision mathématique, toutes les fois que cela reste possible.

Mais je pense surtout, Messieurs, que les mathématiques sont un tout puissant instrument de formation pour l'esprit. Une fois que l'esprit de l'ingénieur sera formé, mettez, si vous le voulez, les mathématiques à l'écart. Votre élève n'en restera pas moins susceptible de devenir un grand ingénieur ou un habile administrateur. Le même homme que vous auriez fait passer

par une éducation faiblement mathématique n'atteindrait jamais le même niveau.

Telle est la seule correction que je voudrais apporter aux excellentes paroles de mon très éminent et très cher contradicteur. Je rappellerai d'ailleurs, à M. Fayol, qu'il est bien placé pour donner à ses vues toute l'influence possible, car il appartient à un Conseil de première importance, celui de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne. Ce Conseil comprend, outre les professeurs, un nombre notable de grands industriels ; assurément, on n'en pourrait trouver de plus indiqué que lui comme importance industrielle et comme esprit d'une haute portée.

Messieurs, la proposition de M. Fayol se rapporte aux congrès de l'avenir et, sans quitter ce terrain, nous pouvons passer maintenant aux propositions de mon honorable voisin, M. le professeur Kotsowsky. Il nous a fait, dans la première séance de la section des mines, que j'ai eu l'honneur de présider, une communication très applaudie, à laquelle on n'a trouvé qu'un seul défaut, c'est qu'elle était trop courte. Nous y avons relevé une proposition que j'ai retenue. M. Kotsowsky nous a fait observer que tous les Etats miniers travaillent aux questions du grisou avec beaucoup d'ardeur, mais qu'il s'est établi certaines habitudes, certains courants qui, en se généralisant dans un pays, ne coïncident pas avec ceux de tel autre. L'ensemble général de la lutte contre le grisou pourrait sans doute trouver avantage à quelques rapprochements entre les méthodes. Dans ce but, l'honorable professeur considérerait comme très utile qu'il existât périodiquement des congrès *de grisou* ; les ingénieurs pourraient ainsi se réunir à de courts intervalles — je crois qu'il fixait trois ans — pour examiner ce qui aurait été fait dans l'intervalle ; et cet échange d'idées serait très favorable à la marche en avant.

Si M. Kotsowsky veut bien reprendre son idée, elle sera mieux exposée par lui que je ne saurais le faire moi-même.

M. KOTSOWSKY. — Vous l'avez très exactement exposée, Monsieur le Président.

M. le PRÉSIDENT. — Voici la proposition de notre distingué collègue, rédigée sous forme de **vœu** :

Le Congrès émet le vœu que tous les trois ans un congrès international se réunisse pour l'étude des questions intéressant la sécurité des ouvriers travaillant dans les mines, spécialement dans les mines grisouteuses ou à poussières inflammables.

Messieurs, tous ceux qui auraient des observations à présenter à cet égard vont être invités dans un instant à prendre la parole. Toutefois, auparavant, je crois devoir introduire en même temps une autre question, parce qu'elle est étroitement connexe avec la précédente, et que toutes les deux pourront sans doute former l'objet d'une seule résolution.

Nous avons reçu une lettre d'une Société, dite de l'Exposition internationale de Liège en 1903. Cette communication n'est d'ailleurs pas spéciale à nous seuls ; car, ayant l'honneur d'être Président des Commissions d'organisation de plusieurs congrès internationaux, je l'ai reçue trois fois. Elle s'adresse donc à tout un ensemble de congrès. La ville de Liège se propose, en 1903, d'ouvrir une exposition internationale. La Commission constituée à cet effet serait heureuse d'y voir rattacher des congrès sérieux. Elle s'adresse aujourd'hui au Congrès des Mines et de la Métallurgie pour exprimer le vœu qu'une réunion semblable à la nôtre se tienne à Liège à cette époque. Nous n'avons, Messieurs, aucun pouvoir pour statuer

sur les congrès de l'avenir ; mais rien ne nous empêche cependant d'envisager à titre officieux cette question. Comme nous possédons ici un grand nombre d'ingénieurs belges très qualifiés, ils pourront sans doute nous renseigner à cet égard.

M. GRUNER. — M. Habets, qui est absent en ce moment, m'a dit que la Commission qui a pris l'initiative de cette exposition était composée de représentants des Forges, des Mines et de la grande industrie de Belgique ; par conséquent, il y a lieu de penser que l'Exposition de Liège, de 1903, aura une importance réelle. Mais notre Congrès des Mines et de la Métallurgie, qui va se clôturer sans laisser après lui aucun organe permanent, ne saurait avoir de meilleur moyen d'agir que par l'intermédiaire de la Société de l'Industrie minérale de Saint-Etienne.

M. TAUZIN. — C'est certainement sous la forme de Congrès que, dans ces derniers temps, les ingénieurs sont arrivés à produire le travail le plus fécond. Je n'en veux pour preuve que les communications si nombreuses et si intéressantes qui viennent d'être faites ici. Je crois donc que nous aurons avantage à augmenter le nombre des Congrès internationaux. Au point de vue de l'application, j'ajoute que chacun des pays convoquant un Congrès de ce genre, ne peut que prendre la responsabilité de l'organisation de ce Congrès. Comme président de la Société de l'Industrie minérale, je ne vois donc aucun inconvénient à admettre le vœu qui tend à établir des Congrès internationaux se réunissant à tour de rôle dans les divers pays d'Europe. M. Habets nous a parlé, de la part de nos camarades de Liège, de nous réunir dans cette ville en 1903 ; il y aurait là une première solution pratique de l'idée qui a été émise. Si d'autres pays veulent agir de même, nous en serons

très heureux. Tout ce que je demanderai, c'est que, lorsque le tour de la France viendra de nouveau, vous vouliez bien nous laisser reprendre notre rôle d'organisateurs du Congrès. D'ailleurs, en dehors des réunions internationales, nous comptons bien tenir nous-mêmes, de temps à autre, comme par le passé, des Congrès nationaux moins vastes ; en particulier si les industriels de Saint-Etienne veulent bien s'y prêter, nous avons l'intention de vous inviter en 1905, à notre cinquantenaire.

J'admets donc le vœu présenté par M. Kotsowsky, étant entendu que chaque pays organisera le Congrès dont il aura pris l'initiative, et que notre Société continuera à s'occuper des Congrès réunis en France.

M. HARZÉ. — Il me semble que pour le Congrès de 1903, l'organisation pourrait incomber à la Société des charbonnages, mines et usines de la province de Liège.

M. le PRÉSIDENT. — Messieurs, il y a des Congrès éphémères, mais il existe aussi des Congrès qui présentent une certaine permanence. Quelques-uns de ces derniers ont des attaches gouvernementales : le Congrès des chemins de fer, par exemple, dans lequel tous les gouvernements sont représentés. Mais on en voit également qui, tout en restant libres, conservent le caractère périodique ; je crois que le Congrès des accidents du travail réalise ces conditions ; il possède une Commission qui subsiste à la fin de chaque session pour préparer la suivante. C'est peut-être quelque chose de ce genre que notre Congrès pourrait constituer, en chargeant le Comité de Liège de préparer, pour 1903, une nouvelle session.

Quel serait exactement l'objet de ce Congrès ? concernerait-il le grisou seul ? Pourquoi le restreindre ainsi ?

Dans un Congrès des mines et de la métallurgie, on peut donner à l'étude du grisou toute l'ampleur désirable. Mais rien n'empêcherait d'avoir par exemple trois sections : une de métallurgie, une d'exploitation des mines, et une spéciale au grisou si l'on veut. Peut-être conviendrait-il de conserver, comme plus simple, le titre de Congrès des mines et de la métallurgie, consacrant la confraternité d'un personnel d'ingénieurs, qu'il est d'ailleurs impossible de scinder, car il y a des chevauchements mutuels de tous les côtés.

M. KOTSOWSKY. — Vous savez, Messieurs, qu'il existe périodiquement des Congrès de chimie, de géologie, ainsi que d'autres Congrès scientifiques. Est-ce que la science du grisou et l'étude des mesures à prendre pour la sécurité des ouvriers ne méritent pas qu'on fasse autant pour elles que pour les sciences théoriques ? J'ai tenu à présenter ma proposition dans un Congrès international où tant de savants se trouvent réunis ; je suis heureux de constater que mon opinion est partagée en principe par tous mes collègues. Je prends donc l'initiative de chercher à organiser un Congrès international à Saint-Petersbourg. Dès lors, comme il paraît convenu que notre prochaine réunion aura lieu en même temps que l'exposition de Liège en 1903, le Congrès suivant pourrait, dans six ans, être tenu à Saint-Petersbourg. Je suis persuadé que ces Congrès périodiques produiront les plus utiles résultats.

M. le PRÉSIDENT. — Comme cette fois la prochaine session semble avoir une date et un lieu fixés, nous n'avons pas besoin d'en chercher davantage, et nous pourrions émettre le vœu de la réunion d'un Congrès à Liège en 1903.

Il semble d'ailleurs qu'on puisse laisser à la Com-

mission belge le soin d'étudier l'organisation de ce Congrès.

Dès lors, Messieurs, je mets aux voix la proposition suivante :

« Le Congrès des Mines et de la Métallurgie de 1900 émet le vœu qu'en 1903 un nouveau Congrès semblable s'ouvre dans la ville de Liège, conformément à l'invitation qui lui a été adressée. »

La proposition est adoptée à l'unanimité.

Sur un sujet différent, et comme conclusion de la discussion qui a eu lieu dans la dernière séance de la section des Mines, M. le professeur Le Neve Foster m'a remis la proposition suivante : il demande que le Congrès déclare qu'il y aurait intérêt à réunir un comité international, formé de représentants de tous les pays, en vue d'étudier la question des statistiques minérales, et d'arriver, autant que possible, à l'uniformité dans ces statistiques. Je dois faire observer que nous ne saurions à cet égard formuler un vœu qui lie les gouvernements. Sous cette réserve, la proposition de M. Le Neve Foster pourrait être rédigée dans les termes suivants :

« Le Congrès des Mines et de la Métallurgie de 1900 émet le vœu que les divers Gouvernements veuillent bien constituer une commission internationale destinée à unifier les bases de la statistique minérale dans les différents pays. »

La proposition, mise aux voix, est adoptée à l'unanimité.

Messieurs, nous allons nous séparer. Le Congrès des Mines et de la Métallurgie de 1900 va disparaître après un court règne, qui, j'en suis certain, ne sera pas sans laisser des traces profondes, non seulement sur le

papier, mais aussi dans les esprits. et, permettez-moi d'ajouter, dans les cœurs.

Il y a en effet autre chose que la pensée technique dans ces réunions. Elle en est peut-être le but essentiel, le résultat le plus immédiat ; mais il faut aussi envisager les relations établies entre les hommes eux-mêmes. Ces relations, même en se restreignant au point de vue des affaires, seraient déjà précieuses ; elles sont surtout utiles en ce qu'elles établissent un sentiment de confraternité générale qui nous unit les uns aux autres ; et le bien général ne peut qu'y gagner.

Quant à moi, j'ai retrouvé ici d'anciens amis, et j'ai eu le bonheur de nouer quelques amitiés nouvelles qui me sont d'un grand prix. Ainsi que je vous l'ai dit le premier jour, Messieurs, l'honneur que vous m'avez fait, en me chargeant de la mission si flatteuse et si considérable de diriger un tel Congrès, sera un des meilleurs souvenirs de ma vie.

Je crois répondre à votre pensée, Messieurs, en adressant des remerciements à MM. les rapporteurs qui nous ont si puissamment aidés. Nous avons eu également un secrétariat qui s'est prodigué avec le plus grand dévouement. Quelques-uns des secrétaires ont payé de leur personne pour guider nos visites à l'Exposition. D'autres nous donneront des comptes rendus précis dans lesquels vous verrez avec quel soin vos savantes délibérations ont été recueillies et retracées. Par dessus tout, nous avons un secrétaire général que nous ne devons pas seulement remercier, mais ensevelir sous les remerciements ; je n'ajouterai qu'un mot pour vous faire mieux connaître l'étendue de son mérite : après notre Congrès, qui se termine aujourd'hui, un autre Congrès dont il est également secrétaire général, celui des Accidents du travail, va s'ouvrir après-

demain ; et ce nouveau Congrès marchera aussi bien que le nôtre car la préparation en a été aussi soignée.

Messieurs, avant de prononcer le mot fatal, je demanderai si quelque congressiste désire prendre la parole.

M. PELLATI. — Permettez-moi, Messieurs, de répondre aux éloquentes paroles que vient de prononcer M. le Président du Congrès ; en le remerciant en mon nom personnel, je suis certain d'être en même temps l'interprète des sentiments de tous les membres étrangers. J'avais déjà, avant d'assister à ces réunions, une haute idée de la valeur des mineurs de l'école française ; je connaissais déjà les éminents mérites de notre Président ; je savais les services rendus par cette Société de l'Industrie minérale, créée par mon savant maître, M. Gruner, auquel ma pensée se reporte toujours avec un sincère sentiment de reconnaissance, et qui a laissé un fils si digne de lui.

Mais, en nous séparant ici, nous ne pouvons tous que remporter une impression, plus vive que jamais, de la valeur des ingénieurs qui ont organisé ce Congrès et nous tenons à adresser nos remerciements à M. le Président et à tous ses collaborateurs.

M. LE NEVE FOSTER. — Avant de quitter ce Congrès, je voudrais vous remercier, Messieurs, de l'honneur que vous avez fait, non seulement à moi-même, mais aussi à mon pays, en m'élisant comme Président d'honneur. Je dois personnellement beaucoup à la France, car c'est chez elle que j'ai eu la bonne fortune de recevoir mes premières leçons de sciences, il y a près de cinquante ans, à une époque où il n'existait pas en Angleterre d'école donnant le même enseignement. Aussi, suis-je heureux de témoigner de ma reconnaissance envers la France ; c'est grâce à l'enseignement que j'y

ai reçu que j'ai pu participer aux travaux de ce Congrès, et je retournerai en Angleterre avec de nouvelles preuves de l'accueil si bienveillant qu'on reçoit toujours dans votre pays.

M. DOUGLAS. — Comme délégué américain, je désire aussi vous remercier, Monsieur le Président, ainsi que tous ceux qui ont, avec vous, organisé le Congrès.

Vous parliez, tout à l'heure, de la confraternité qui règne entre les ingénieurs ; je tiens d'autant plus à m'associer à cette parole qu'elle peut s'appliquer spécialement aux membres de notre Congrès, et que j'en suis peut-être moi-même un exemple ; né en effet dans le Bas-Canada, et par suite un peu Français, je suis Anglais de naissance et me trouve ici délégué par les Etats-Unis que j'ai l'honneur de représenter dans votre beau pays.

M. LEIBOLDT, au nom de ses collègues de Westphalie présents au Congrès, adresse ses remerciements au Président et au bureau du Congrès, et s'associe aux paroles prononcées par les précédents orateurs.

M. DARCY. — Monsieur le Président, j'ai laissé à vos collègues étrangers le soin de tirer les premiers sur vous ; mais je ne voudrais pas que la séance fût levée sans qu'un Français prît la parole pour vous remercier, ainsi que vos collaborateurs, et pour vous exprimer sa vive et profonde reconnaissance. Je parle en mon nom, au nom du Comité central des Houillères, et, en l'absence de M. de Wendel, au nom du Comité des Forges de France.

M. le PRÉSIDENT. — Tout le bureau du Congrès est très reconnaissant des déclarations si bienveillantes qui viennent d'être formulées.

J'adresse, en terminant, tous mes remerciements à MM. les Présidents d'honneur qui ont bien voulu présider nos séances, et à mon très honorable collègue, M. Darcy.

Messieurs, le Congrès international des Mines et de la Métallurgie de 1900 est clos.

La séance est levée à 5 heures et demie.

CHAPITRE VIII

COMPTE RENDU FINANCIER

Les recettes du Congrès se sont décomposées de la manière suivante :

Versements des membres		
donateurs (Voir page 53)....	3.296 »	} 23.075' 85
Cotisations des membres		
adhérents.....	19.779 85	
Cotisations spéciales pour le banquet....	3.720 »	
Intérêts de fonds placés et recettes		
diverses.....		709 05
TOTAL		27.505 50

Les dépenses ont compris :

1° Les frais généraux ;

2° Le reliquat versé à la Société de l'Industrie minérale qui a pris à sa charge toutes les publications.

1° Les frais généraux sont les suivants :

Frais d'imprimés, insignes, frais d'encaissement des cotisations, frais de correspondance et d'envoi des rapports et comptes rendus, etc.....	4.370 25	
Gratifications aux employés {	Secrétariat.	1.000 »
	Trésorerie .	1.000 »
Banquet.....		6.040 »
TOTAL des frais généraux...		13.280 25

2° Le reliquat versé à la Société de l'Industrie minérale représente la différence entre les recettes du Congrès.....	27.505 50
Et les frais généraux.....	13.280 25
Et s'élève ainsi à.....	14.225' 25

FRAIS DE PUBLICATION

Les frais de publication ont été supportés entièrement par la Société de l'Industrie minérale.

Il résulte du rapport fait à la dernière Assemblée générale de cette Société, par sa Commission de Comptabilité, que les frais des tirages spéciaux faits pour les membres du Congrès pendant l'année 1900 (tirage en brochures séparées des mémoires présentés sur la demande de la Commission d'organisation et distribués avant le Congrès à tous les adhérents. Tirage supplémentaire des 3^e et 4^e livraisons 1900 du *Bulletin* de la Société renfermant ces mêmes mémoires) se sont élevés à..... 19.780 55

Le montant de ces mêmes frais pour l'année 1901 (tirage supplémentaire des 1^{re}, 2^e, 3^e livraisons 1901 du *Bulletin* de la Société de l'Industrie minérale renfermant le compte rendu des travaux du Congrès) n'est pas encore définitivement arrêté, mais il peut être évalué à très peu près à 4.000 »

Le total atteint ainsi la somme de..... 23.780 55

Si nous rapprochions de ce chiffre le reliquat reçu par la Société de l'Industrie minérale..... 14.225 25
il semblerait n'être resté à la charge de celle-ci qu'une somme de..... 9.555 30

En réalité, la Société de l'Industrie minérale, pour ne pas trop retarder la publication des mémoires présentés au Congrès, a dû y consacrer seulement les deux dernières livraisons du tome XIV (3^e série, année 1900), de son *Bulletin*, qui ont eu de ce fait une importance tout à fait exceptionnelle. Cette Société a en outre distribué les publications faites à l'occasion du Congrès à tous ses membres.

Aussi, tandis que dans les années moyennes les frais de composition, de gravure, de tirage et d'expédition afférents aux publications de la Société ne dépassent pas 22.500 francs, ils ont été en 1900, d'après le rapport présenté par la Commission de comptabilité, de 61.723 fr. 30, sur lesquels 1.170 francs ont été affectés au tirage de 1.000 exemplaires de la monographie de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne. Si l'on se rappelle, d'une part, que la Société a reçu 14.225 fr. 25 sur le reliquat du Congrès et, d'autre part, que les dépenses supplémentaires à imputer de ce chef à l'exercice 1901 sont d'environ 4.000 francs, on reconnaît qu'il n'est pas exagéré d'évaluer à 28.000 francs les sacrifices faits à l'occasion du Congrès par la Société de l'Industrie minérale.

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR NOMS D'AUTEURS

A

Anglès d'Auriac :

	Tomes	Pages
Communication sur les fours Martin.....	XV	599

B

Babu (L.) :

La fabrication et le travail des aciers spéciaux.	XIV	1533
La fabrication et le travail des aciers spéciaux.	XV	531

Bachelery (A.) :

Les haveuses mécaniques dans les Houillères aux Etats-Unis.....	XIV	1129
Observation sur le havage mécanique	XV	336

Bertollo :

Observations sur l'emploi du fil hélicoïdal.....	XV	436
--	----	-----

Bornet (C.) :

Perforatrice électrique C. Bornet, avec injection d'eau par fleuret creux....	XV	341
--	----	-----

Bousquet (J.-G.) :

La Cyanuration au Transvaal.....	XIV	1749
La Métallurgie de l'or.....	XV	640

Bresson (Georges) :

Analyse du rapport de M. Rocour sur l'état actuel de la fabrication du métal Thomas....	XV	502
Réponse aux observations de M. Jean Escalle fils sur ce rapport.....	XV	527

Bresson (L.) :

Installations électriques des Mines de Neux..	XV	357
---	----	-----

Buisson (Chr.) :

Note sur la préparation des charbons.....	XV	390
---	----	-----

C

Caldecott (W. A.) :

Traitement des slimes accumulés.....	XIV	1810
Traitement des solutions cyanurées de déchets ou de surplus.....	XIV	1819

Castelnau (de Curières de) :

Observations sur le havage mécanique.....	XV	336
---	----	-----

Catelin (de) :

Méthode de séparation magnétique de la Société des Mines de Mechernich.....	XV	383
--	----	-----

Chalmeton :

Toast.....	XV	751
------------	----	-----

Chalon :

Emploi des explosifs de sûreté dans les mines grisouteuses.....	XV	150
--	----	-----

Chapoton :

Observations sur le havage mécanique.....	XV	336
---	----	-----

Charpentier-Page (G.) :

L'aluminium en électricité.....	XV	670
---------------------------------	----	-----

Chesneau :

Explosifs de sûreté.....	XV	162
--------------------------	----	-----

Clerc :

Note sur la Métallurgie alumino-thermique....	XV	573
Observations.....	XV	574

D

Darcy :

Allocution.....	XV	776
-----------------	----	-----

Darphin :

Installation d'un nouveau siège à la Compagnie des Mines d'Anzin.....	XV	192
--	----	-----

David :

Observation sur la bessemérisation des mattes cuivreuses.....	XV	565
--	----	-----

Delafond :

Emploi des explosifs de sûreté dans les mines de combustibles françaises.....	XIV	1
Observations sur le havage mécanique.....	XV	336

Demenge :

Communication sur l'utilisation des gaz de hauts-fourneaux.....	XV	487
---	----	-----

Denoël (Lucien) :

Les explosifs dans les mines de houille de Belgique.....	XIV	59
--	-----	----

Desprès :

Nouveau système d'extraction.....	XV	235
-----------------------------------	----	-----

Discry (Emile) :

Notice sur les installations de triage, de décomposition et de reconstitution des charbons faites aux charbonnages de Gosson-Lagasse.	XV	428
---	----	-----

Domage (Henri) :

Procédés de perforation employés pour le creusement de la galerie de Gardanne à la mer...	XV	314
Observations sur le havage mécanique.....	XV	336

Douglas (James) :

Progrès de l'industrie minérale et métallurgique aux Etats-Unis.....	XV	448
Allocution	XV	557
Observation sur la bessemérisation des mattes cuivreuses.....	XV	565
Allocution à la séance de clôture.....	XV	776

Dujardin-Beaumetz :

Observations sur la statistique minérale.....	XV	463
---	----	-----

Dumas :

Communication sur les transformations allotropiques du fer.....	XV	532
---	----	-----

Dutreux :

Observations sur l'utilisation des gaz de hauts-fourneaux.....	XV	491
--	----	-----

Duvivier :

Observations sur le havage mécanique.....	XV	336
Note sur les grandes machines d'extraction électrique	XV	350

E**Escale (Jean fils) :**

Observations à propos du rapport de M. Rocour	XV	523
---	----	-----

F**Fayol (Henri) :**

Communication.....	XV	759
--------------------	----	-----

Fayol (Paul) :

Essais de havage mécanique en France.....	XV	311
---	----	-----

G**Gennez (de) :**

Déhouilleuses employées aux Etats-Unis.....	XV	332
Observations sur le havage mécanique....	XV	336

Greiner :

Communication sur l'utilisation des gaz des hauts-fourneaux ...	XV	486
---	----	-----

Grobot :

Observations sur les déformations des métaux.	XV	634
---	----	-----

Gruner :

Séance d'ouverture.....	XV	101
Séance de clôture.....	XV	770

H**Habets (Alfred) :**

Méthodes d'exploitation avec remblais partiels des couches en dressant des charbonnages de Gorlowka.....	XV	438
--	----	-----

Habet (Paul) :

Installations électriques des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune.....	XV	263
La prophylaxie de l'ankylostomiasis dans les travaux souterrains des mines.....	XV	473

Hanarte :

Classification des mines au point de vue de la résistance qu'elles opposent à la ventilation.	XV	131
---	----	-----

Hartmann (le Commandant) :

Phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux.....	XIV	1659
Phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux.....	XV	634

Harzé :

Réflexion sur l'extraction à grande profondeur.	XV	233
Observations sur la statistique minérale... ..	XV	463
Observations sur l'ankylostomase.. ..	XV	483
Toast.....	XV	752
Allocution. Séance de clôture.....	XV	771

Haton de la Goupillière :

Discours à la séance d'ouverture.....	XV	101
Toast	XV	750
Discours à la séance de clôture.....	XV	759

Héroult :

L'aluminium à bon marché.....	XIV	1737
-------------------------------	-----	------

Howe (H. M.) :

Progrès réalisés depuis 1889 dans la métallurgie du fer et de l'acier et spécialement dans le procédé Martin.....	XV	505
Observations sur la métallurgie Alumino-thermique.....	XV	594

Hrabak (Joseph) :

Conditions d'exploitation à grande profondeur.	XIV	135
--	-----	-----

Hubert (H.) :

Utilisation directe des gaz des hauts-fourneaux pour la production de la force motrice.....	XIV	1461
---	-----	------

Huth :

Mode de couler l'acier permettant d'en faire varier la dureté.....	XV	551
--	----	-----

J**Jannettaz (Paul) :**

La Bessemérisation des mattes cuivreuses.....	XV	569
---	----	-----

Jessé-Roux (Léon) :

Emploi des résidus de naphte pour la fabrication des agglomérés de houille.....	XV	450
---	----	-----

K**Kotzowski (N.) :**

La composition de l'air des mines dans le bassin du Donetz.....	XIV	1176
Proposition pour un prochain congrès.....	XV	772

Kournakow :

Composition chimique du grisou des houillères du Donetz.....	XV	121
--	----	-----

L**Le Chatelier (H.) :**

L'établissement des dynamitières souterraines.	XIV	47
Communication sur les aciers.....	XV	519

Le Neve Foster :

Observations sur le lavage mécanique.....	XV	336
Observations sur le fil hélicoïdal.....	XV	436
De la statistique minérale.....	XV	461
Observations sur l'ankylostomiasis.....	XV	483
Allocution, séance de clôture.....	XV	775

Levat (David) :

Exploitation de placers au moyen de dragues à or.....	XV	655
Exploitation de placers au moyen de dragues à or.....	XV	693

Leybold :

Allocution, séance de clôture.....	XV	776
------------------------------------	----	-----

Libert (Joseph) :

Emploi de l'électricité dans les mines.....	XIV	253
Emploi de l'électricité dans les mines de Belgique.....	XV	242

Lodin :

Observations sur le rapport de M. Rocour.....	XV	529
Observations sur l'aluminium.....	XV	559
Observations sur la métallurgie aluminothermique.....	XV	594

Lœvy (D^r J.) :

Méthodes d'essais et d'analyses en usage au Witwatersrand dans l'exploitation des mines d'or.....	XIV	1839
---	-----	------

Louis (Henry):

Remarques sur l'extraction à grande profondeur	XV	233
Communication sur le triage magnétique des minerais.....	XV	426
Observations sur la statistique minérale.....	XV	463

M**Marsaut (J.-B.):**

Explosifs de sûreté.....	XV	130
--------------------------	----	-----

Maurice (P.):

Méthode pour déterminer exactement le profil d'un câble d'extraction en matière textile à section décroissante.....	XV	224
---	----	-----

Maussier :

Observations sur l'aluminium.....	XV	559
-----------------------------------	----	-----

Mazodier :

Installations électriques des mines de la Grand-Combe.....	XV	300
--	----	-----

Morard :

Note sur les accrochages ou arrêts dans la descente des machines chargées au gueulard des hauts-fourneaux.....	XV	539
--	----	-----

N**Navay (de) :**

Observations sur l'ankylostomiasie.....	XV	483
---	----	-----

P**Pearce (S. H.):**

Cyanuration des minerais d'or au Witwatersrand	XIV	1762
--	-----	------

Pellatan :

Traitement électro-chimique des minerais d'or.	XV	655
Nouveau procédé de traitement des minerais d'or par cyanuration.....	XV	679

Pellati (N.):

La préparation mécanique des minerais métalliques en Sardaigne.....	XIV	1261
Dispositions capables d'étendre et de faciliter l'usage du fil hélicoïdal pour la taille du marbre en roche.....	XIV	1275

Le traitement des minerais de soufre en Sicile.	XIV	1281
La préparation mécanique des minerais métallifères.....	XV	378
Emploi du fil hélicoïdal pour l'abattage du marbre.....	XV	433
Observations sur la statistique minérale.....	XV	463
Observations sur l'ankylostomiasie.....	XV	483
Allocution dans la séance de clôture.....	XV	775

Pérès :

Installations électriques des mines de Carmaux.	XV	276
---	----	-----

Petit (P.) :

Etude sur l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou.....	XIV	481
---	-----	-----

Petitjean :

Fabrication du coke avec du charbon comprimé	XV	468
--	----	-----

Poech :

L'Industrie minérale en Bosnie-Herzégovine..	XV	472
--	----	-----

Poussigue (Léon) :

Conditions d'exploitation à grande profondeur.	XIV	493
Note sur le fonçage et l'installation d'un puits de 1.015 mètres de profondeur aux Houillères de Ronchamp.....	XV	471

Pralon :

Communication sur les aciers spéciaux.....	XV	545
--	----	-----

R**Reumaux :**

Utilisation dans des moteurs à explosion des gaz en excès provenant des fours à coke à récupération.....	XV	493
--	----	-----

Rocour (G.) :

Etat actuel de la fabrication du métal Thomas et ses conséquences sur le puddlage.....	XIV	1517
--	-----	------

S**Schmerber :**

Prétendues explosions tardives.....	XV	142
-------------------------------------	----	-----

Scrymgeour (A.) :

- Traitement des tailings des minerais aurifères
cuivreux..... XIV 1831

Smits (H.) :

- Exposé du procédé Wetherill..... XIV 1253

Stassart (Simon) :

- Les conditions d'exploitation à grande profon-
deur en Belgique..... XIV 375

Szymanowski (Martin) :

- Krivoï-Rog et l'état actuel de l'Industrie métal-
lurgique dans le midi de la Russie..... XIV 1385

T**Tauzin :**

- Allocution. — Séance de clôture..... XV 770

Tschernoff :

- L'influence des différents éléments qui, s'unis-
sant avec le fer, modifient ses propriétés
magnétiques..... XV 552

Tissot (A.) :

- L'état actuel de la fabrication des moulages
d'acier..... XIV 1637
L'état actuel de la fabrication des moulages
d'acier..... XV 504

V**Vanderheym :**

- Observations sur la déformation des métaux... XV 627
Annexe..... XV 661

W**Watteyne (Victor) :**

- Les explosifs dans les mines de houille de
Belgique..... XIV 59

Wedding (A. Hermann) :

- La séparation magnétique des minerais de fer... XIV 1197

Wendelin (Wolfgang):

L'électricité dans l'industrie minière..... XIV 1081

Williams (J.-R.):

La cyanuration des minerais d'or au Witwaters-
rand..... XIV 1762

Wolf:

Observation sur l'ankylostomase..... XV 483

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

Rapports présentés sur la demande de la Commission d'organisation.

MINES

	Tomes	Pages
I. — Emploi des explosifs	XIV	1
<i>Emploi des explosifs de sûreté dans les Mines de combustibles françaises</i> , par M. DELAFOND, inspecteur général des mines.....	—	1
Préliminaires.....	—	1
Nature des explosifs de sûreté employés dans les mines. Quantités.....	—	3
Résultats au point de vue économique.....	—	6
Résultats au point de vue de la sécurité.....	—	7
Recherches récentes sur les explosifs.....	—	13
Modifications récentes dans la réglementation....	—	14
Résumé et conclusion.....	—	16
<i>Rapport sur l'établissement des dynamitières souterraines</i> , par M. H. Le CHATELIER, ingénieur en chef des mines.....	—	17
1° Grands dépôts souterrains.....	—	20
2° Petits dépôts souterrains.....	—	33
3° Dépôts superficiels.....	—	43
<i>Les explosifs dans les mines de houille de Belgique</i> , par M. Victor WATTEYNE, ingénieur en chef, directeur des Mines à Bruxelles, et M. Lucien DENOEL, ingénieur au corps des Mines à Bruxelles	—	59
Chapitre I. — Importance de la question. — Données statistiques sur les inflammations du grisou en Belgique	—	59
Chapitre II. — Progrès accomplis en Belgique sans l'emploi des explosifs.....	—	65

Extraction par câbles plats en textile.....	XIV	238
Extraction par câbles métalliques.....	—	246
Câbles ronds métalliques.....	—	250
Tambours cylindriques.....	—	251
Procédés d'équilibre par câbles.....	—	265
Tambours à diamètres variables... ..	—	286
Tambours coniques.....	—	289
Machines d'extraction.....	—	330
Chevalements.	—	347
Epuisement.....	—	357
Conclusions.....	—	371
 <i>Les conditions d'exploitation à grande profondeur en Belgique</i> , par M. Simon STASSART, professeur d'exploitation à l'Ecole des Mines du Hainaut.....		
	—	375
Influence thermique des roches.. . . .	—	388
Influence du personnel.....	—	405
Hygrométrie dans les mines profondes.....	—	405
Volume ventilateur.....	—	406
Appareils ventilateurs.....	—	412
Extraction.....	—	413
Dégagement-Manœuvres	—	446
Guidonnages.....	—	450
Châssis à molettes... ..	—	452
Machines d'extraction... ..	—	453
Cabestan de sauvetage.....	—	454
Epuisement.....	—	455
Influence de la grande profondeur sur les conditions du gisement.....	—	456
Dégagement normal du grisou et dégagement instantané.....	—	457
Influence sur le personnel.....	—	459
Aménagement des travaux.....	—	460
Conclusions.. . . .	—	461
 <i>Etude sur l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou</i> , par M. P. PETIT, ingénieur en chef de la Société anonyme des Houillères de Saint-Etienne.....		
	—	481

La table des matières spéciale à cette étude se trouve à la page 939 du tome XIV.

III. — Emploi de l'électricité dans les mines.....

XIV 953

<i>Emploi de l'électricité dans les mines</i> , par M. J. LIBERT, ingénieur en chef, directeur des mines à Namur.....	—	953
Transport de force par l'électricité aux puits n° 9 et 7 du charbonnage du Grand-Hornu (couchant de Mons).....	—	987
Transport de force par l'électricité à l'intérieur des travaux du charbonnage du Nord-de-Flénu, à Ghlin (Mons).....	—	993
Transport de force par l'électricité à l'intérieur du siège de la réunion des charbonnages de Mariemont, à Morlanwelz (centre).....	—	999
Pompe électrique souterraine du puits Saint-Xavier, du charbonnage de Noël-Sart-Culpart, à Gilly (Charleroi).....	—	1005
Transport de la force par l'électricité au puits Duchère, des charbonnages de Trieu-Raisin, à Châtelineau (Charleroi).....	—	1009
Installations électriques des charbonnages de Courcelles-Nord	—	1017
Transport de force de l'électricité dans les travaux du charbonnage de Massé-Darbois, à Ransart (Charleroi).....	—	1039
Installation souterraine d'épuisement au siège des Maquets des charbonnages de la Concorde, à Jemeppe-sur-Meuse (Liège).....	—	1043
Transport de la force par l'électricité, au puits de Homvent des charbonnages de l'Est de Liège à Beyne-Heusay (Liège).....	—	1047
Trainage par câble flottant, actionné par l'électricité à l'intérieur du puits n° 10, du charbonnage de Monceau-Fontaine, à Forchis-la-Marche (Charleroi)	—	1056
Traction électrique par accumulateurs aux charbonnages d'Amercœur, à Jumet.....	—	1060
Eclairage électrique d'une chambre de machines souterraines aux charbonnages d'Amercœur..	—	1074
Eclairage électrique sous-terrain aux charbonnages d'Angleur (Liège).....	—	1076
Eclairage électrique par lampes fixes des tunnels du charbonnage de la Haye, à Liège.....	—	1070
<i>L'Electricité dans l'Industrie Minière</i> , par M. Wolfgang WENDELIN, ingénieur en chef de la Société Siemens et Halske.....	—	1081
Introduction.....	—	1081

Généralités sur l'électricité dans l'industrie minière.....	XIV	1084
Transmission électrique du travail en général..	—	1086
Comparaison entre différents modes de transmission du travail....	—	1087
Avantages économiques de la transmission électrique de travail.....	—	1095
Etablissements improductifs.....	—	1095
Centralisation de certains travaux d'exploitation	—	1097
Machines électriques spéciales pour les mines	—	1100
Installations de générateurs électriques.....	—	1100
Installation des canalisations électriques.....	—	1105
Traction mécanique par câbles et par chaines...	—	1107
Machines d'épuisement.....	—	1114
Machines pour l'aérage des mines.....	—	1116
Haveuses électriques.....	—	1117
Perforatrices.....	—	1118
Autres applications de l'électricité dans les mines	—	1121
Eclairage électrique.....	—	1121
Electricité dans les mines à grisou.....	—	1123
Conclusions.....	—	1126
IV. — Moyens de réduire la main-d'œuvre dans l'industrie des Mines.	—	1129
<i>Les haveuses mécaniques dans les Houillères des Etats-Unis</i> , par M. A. BACHELLERY, ingénieur au Corps des Mines.....	—	1129
Introduction.....	—	1129

PREMIÈRE PARTIE

Description des haveuses mécaniques en usage aux Etats-Unis.

I. — Classification.....	—	1131
II. — Haveuses pour grands fronts de taille ...	—	1133
III. — Haveuses à percussion.....	—	1134
Haveuses Harrison.....	—	1136
Haveuses Sullivan.....	—	1137
Haveuses Ingersoll-Sergeant.....	—	1138
Haveuses Morgan-Gardner.....	—	1141
IV. — Haveuses à couteaux et à barres.....	—	1142
V. — Haveuses à couteaux et à chaines.....	—	1143
Haveuses Jeffrey.....	—	1146
Haveuses Link Belt ou Indépendante..	—	1146
Haveuses Morgan-Gardner.....	—	1147
Electriques à courants polyphasés.....	—	1150

Consommation des haveuses électriques à chaînes.....	XIV	1151
VI. — Comparaison des divers types de Haveuses	—	1152

SECONDE PARTIE

Conséquences économiques de l'emploi des haveuses.

I. — Développement actuel des haveuses dans les mines de houille aux Etats-Unis.....	—	1157
II. — Les Haveuses et la production des mines américaines.....	—	1159
III. — Causes du développement du havage mécanique.....	—	1161
IV. — Les haveuses et la main-d'œuvre.....	—	1165
V. — Les haveuses et le cours de la houille ..	—	1166
VI. — Conclusions.....	—	1171

V. — Questions diverses..... — 1176

<i>La composition de l'air des mines dans le bassin du Donetz</i> , par M. N. KOTSOWSKI, professeur à l'Institut des Mines de l'Impératrice Catherine II.....	—	1176
---	---	------

<i>La séparation magnétique des minerais de fer</i> , par M. A. HERMANN WEDDING, professeur à l'Académie des Mines de Berlin.....	—	1197
---	---	------

Utilité pratique du traitement magnétique.....	—	1201
--	---	------

Appareils pour la séparation magnétique des minerais.....	—	1202
---	---	------

1 ^{er} Groupe. — Triage magnétique des minerais magnétiques polaires de la magnétite et du fer spathique grillé.....	—	1203
---	---	------

2 ^e Groupe. — Séparation magnétique des minerais faiblement magnétiques.....	—	1225
---	---	------

<i>Exposé du procédé Wetherill</i> , par M. H. SMITS, ingénieur des Arts et Manufactures, à Dusseldorf.....	—	1243
---	---	------

Procédé Wetherill.....	—	1243
------------------------	---	------

Description des installations.....	—	1253
------------------------------------	---	------

Installation à Franklin.....	—	1254
------------------------------	---	------

Installations de Broken-Hill.....	—	1255
-----------------------------------	---	------

Installation à Lohmannsfeld.....	—	1257
----------------------------------	---	------

<i>La préparation mécanique des minerais métalliques en Sardaigne</i> , rapport présenté par M. PELLATI, inspecteur général des mines au nom des ingénieurs des mines de la Sardaigne	—	1261
---	---	------

<i>Dispositions capables d'étendre et de faciliter l'usage du fil hélicoïdal pour la taille du marbre en roche, rapport présenté par M. N. PELLATI, inspecteur général des mines, au nom des ingénieurs des mines de Carrare.....</i>	XIV	1257
<i>Le traitement des minerais de soufre en Sicile, rapport présenté par M. PELLATI, au nom des ingénieurs des mines de la Sicile.....</i>	—	1281
I. — Production du soufre brut	—	1281
Généralités.....	—	1281
Calcarone.....	—	1294
Fours Gil Ruiz.....	—	1307
Four Gil.....	—	1315
Appareils à vapeur.....	—	1329
II. — Raffinage du soufre brut.....	—	1344
Généralités.....	—	1344
Procédés de sublimation.....	—	1349
III. — Broyage du soufre.....	—	1372
<i>Krivoï-Rog et l'état actuel de l'industrie métallurgique dans le Midi de la Russie, par M. Martin SZYMANOWSKY, ingénieur des mines.</i>	—	1385
Première partie. — Krivoï-Rog	—	1385
Deuxième partie. — Minerais divers.....	—	1436
Troisième partie. — Houille.....	—	1439
Quatrième partie. — Statistique industrielle....	—	1446
Publications sur Krivoï-Rog.. ..	—	1456

MÉTALLURGIE

I. — Progrès de la métallurgie du fer et de l'acier.....	—	1461
<i>Utilisation directe des gaz de hauts-fourneaux pour la production de la force motrice, par M. H. HUBERT, ingénieur en chef-directeur des mines, chargé de cours à l'Université de Liège.</i>	—	1461
<i>Etat actuel de la fabrication du métal Thomas et ses conséquences sur le puddlage, par M. J. ROCOUR, administrateur délégué de la Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est.....</i>	—	1517

La fabrication et le travail des aciers spéciaux,
par M. L. BABU, professeur de métallurgie à
l'Ecole des mines de Saint-Etienne.....

XIV 1533

Introduction..... — 1533

I. — LES POINTS CRITIQUES

Signification des points critiques..... — 1536

Transformations réversibles. — Hystérésis..... — 1537

Aciers non réversibles..... — 1539

La température de trempe et les points critiques. — 1542

Point de recalescence eutectique..... — 1544

Points de transformation du fer..... — 1549

Point de transformation magnétique..... — 1554

Dissociation de la cémentite..... — 1558

Points critiques des aciers au carbone..... — 1559

Constituants des aciers spéciaux..... — 1562

Points critiques des aciers spéciaux en général. — 1566

Points critiques des aciers au manganèse..... — 1569

Points critiques des aciers au nickel..... — 1573

Points critiques des aciers au chrome..... — 1581

Points critiques des aciers au tungstène..... — 1582

Points critiques des aciers au silicium..... — 1585

Points critiques de divers aciers spéciaux..... — 1586

II. — FABRICATION DES ACIERS SPÉCIAUX

A. Fusion au creuset.

Procédés généraux de fabrication..... — 1587

B. Fusion au four Martin-Siemens.

Procédés généraux de fabrication..... — 1589

Fusion des aciers au chrome..... — 1591

Fusion des aciers au silicium..... — 1593

Fusion des aciers au nickel..... — 1595

III. — TRAVAIL DES ACIERS SPÉCIAUX

Difficulté du travail des aciers spéciaux..... — 1600

Action de la chaleur sur les aciers au carbone.. — 1602

A. Forgeage.

Forgeage de quelques aciers spéciaux..... — 1607

Aciers au chrome..... — 1607

Aciers au tungstène..... — 1607

Aciers au manganèse..... — 1608

Forgeage des aciers au nickel.....	XIV	1609
Résumé des conditions de forgeage des aciers spéciaux.....	—	1613
B. Trempe et recuit.		
Essai de classification des aciers de M. Osmond.....	—	1614
Aciers trempants et non trempants.....	—	1618
Température de trempe en général.....	—	1618
Température de trempe et de recuit de quelques aciers spéciaux.....	—	1620
Aciers au chrome, au carbone, au tungstène.....	—	1620
Aciers au silicium.....	—	1620
Aciers au manganèse.....	—	1621
Aciers au nickel.....	—	1622
Action de la trempe et du recuit sur quelques aciers au nickel.....	—	1622
C. Usinage.		
Conditions d'usinage des aciers au nickel.....	—	1630
<i>L'état actuel de la fabrication des moulages d'acier, par M. A. TISSOT, ingénieur civil....</i>	—	1637
<i>Phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux, par le commandant HARTMANN.....</i>	—	1659
I. — Déformations permanentes dues aux efforts mécaniques.....	—	1660
1° Etude du tracé des déformations.....	—	1660
Extension.....	—	1661
Compression.....	—	1670
Flexion.....	—	1680
Emboutissage et poinçonnage.....	—	1685
Mandrinage.....	—	1692
Déformations secondaires.....	—	1693
Résumé de l'étude du tracé des déforma- tions permanentes.....	—	1699
Expériences faites à l'étranger.....	—	1699
2° Répartition de la matière dans l'intérieur des nappes de déformation.....	—	1702
II. — Déformation permanente due à l'action de la trempe.....	—	1724
III. — Déformation permanente due à l'action de la chaleur.....	—	1729
IV. — Constitution physique des corps solides.....	—	1733

II. — Applications de l'électricité à la métallurgie.....	XIV	1737
<i>L'aluminium à bon marché</i> , par M. HÉROULT, ingénieur directeur de la société Electro-Métallurgique de Froges.....	—	1737
Procédés actuels.....	—	1741
Influence de l'aluminium sur les industries connexes.....	—	1746
Production	—	1747
 III. — Progrès de la métallurgie de l'or.....	 —	 1749
<i>La cyanuration au Transvaal</i> , par M. J.-G. BOUSQUET, ingénieur des Arts et Manufactures	—	1749
A. — Cyanuration des minerais d'or au Witwatersrand, par MM. J. R. WILLIAMS et S. H. PEARCE.....	—	1762
1 ^o La cyanuration et ses perfectionnements successifs.....	—	1766
2 ^o Traitement actuel.....	—	1778
3 ^o Traitement des slimes.....	—	1787
B. — Traitement des slimes accumulés par M. W. A. CALDECOTT.....	—	1810
C. — Traitement des solutions cyanurées de déchets ou de surplus, par M. W. A. CALDECOTT.....	—	1819
D. — Traitement des tailings des minerais aurifères cuivreux (District de Lidenburg, Transvaal), par M. A. SCRYMGEOUR.....	—	1831
E. — Méthodes d'essai et d'analyses en usage au Witwatersrand dans l'exploitation des mines d'or, par le Dr J. LÖEY, chimiste essayeur et métallurgiste à Johannesburg....	—	1839

TRAVAUX DU CONGRÈS

CHAPITRE I

<i>Organisation du Congrès et travaux préparatoires..</i>	XV	3
I. Constitution du Comité d'organisation.....	—	5
Séance constitutive.....	—	5
II. Travaux du Comité d'organisation.....	—	12
Règlement.....	—	13
III. Programmes et ordres du jour.....	—	45

CHAPITRE II

<i>Liste générale des Membres du Congrès.....</i>	—	51
I. Délégués officiels.....	—	51
II. Membres donateurs.....	—	53
III. Membres adhérents.....	—	56

CHAPITRE III

<i>Séance générale d'ouverture</i>	—	101
Discours de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE.....	—	101
Nomination du bureau.....	—	110

CHAPITRE IV

<i>Séances de la Section des Mines.....</i>	—	119
1 ^{re} Séance. — Mardi 19 juin 1900.		
<i>Explosifs et aérage.....</i>	—	119
Composition chimique du grisou des Houillères du Donetz, par M. KOURNAKOW, professeur à l'Institut des Mines de Saint-Petersbourg.....	—	121
Explosifs de sûreté, par M. J.-B. MARSAUT, ingénieur en chef des Mines de Bessèges.....	—	130
Classification des Mines au point de vue de la résistance qu'elles opposent à la ventilation, par M. HANARTE, ingénieur civil des Mines.....	—	134
Annexe. — De la mesure des facteurs nécessaires à la classification rationnelle des Mines.....	—	138
Prétendues explosions tardives, par M. SCHMERBER, ingénieur des Arts et Manufactures.....	—	142

Emploi des explosifs de sûreté dans les Mines grisouteuses par M. CHALON, ingénieur civil...	XV	150
1 ^o Avantages et inconvénients des explosifs de sûreté	—	150
2 ^o Modes d'essais industriels des explosifs.....	—	156
Explosifs de sûreté par M. CHESNEAU, ingénieur en chef des Mines.....	—	162
2 ^{me} Séance. — Mercredi 20 juin 1900.		
Conditions d'exploitation à grande profondeur	—	169
Note sur le fonçage et l'installation d'un puits de 1.015 mètres de profondeur aux Houillères de Ronchamp, par M. POUSSIGUE, directeur de la Société Houillère de Ronchamp.....	—	171
Installation d'un nouveau siège à la Compagnie des Mines d'Anzin, par M. DARPIN, ingénieur en chef des travaux du jour.....	—	182
Méthodes pour déterminer exactement le profil d'un câble d'extraction en matière textile à section décroissante, par M. P. MAURICE, ingénieur civil des mines.....	—	224
M. HARZÉ présente une réflexion d'ordre général	—	233
Remarques de M. le Professeur Henry LOUIS....	—	233
Nouveau système d'extraction, par M. DESPRÉS, ingénieur civil des mines	—	235
3 ^{me} Séance. — Jeudi 21 juin 1900.		
Emploi de l'électricité dans les mines. — Haveuses et perforatrices mécaniques	—	241
1 ^{re} Partie. — <i>Emploi de l'électricité dans les mines</i>	—	241
Emploi de l'électricité dans les Mines de Belgique par M. LIBERT, ingénieur en chef des Mines à Namur.....	—	242
Installations électriques des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, par M. Paul HABETS, professeur à l'Université de Bruxelles.	—	263
Installation électrique des Mines de Carmaux, par M. PÉRÈS, agent général des Mines de Carmaux.....	—	276
1 ^o Production de vapeur.....	—	278
2 ^o Production de l'énergie électrique....	—	282
3 ^o Distribution de l'énergie électrique.....	—	286
4 ^o Utilisation de l'énergie électrique.....	—	289
5 ^o Rendement.....	—	296
6 ^o Conclusions.....	—	298
7 ^o Projets d'avenir.....	—	299

Installations électriques des Mines de la Grand'-Combe, par M. MAZODIER, ingénieur en chef des Mines de la Grand'-Combe	XV	300
1 ^o Station génératrice	—	300
2 ^o Tableau de distribution	—	302
Canalisations	—	303
Utilisation de la force électrique	—	303
2 ^e Partie. — <i>Haveuses et perforatrices mécaniques</i>	—	310
Essais de havage mécanique en France, par M. Paul FAYOL, directeur des Mines de Brassac	—	311
Procédés de perforation employés pour le creusement de la galerie de Gardanne à la Mer, par M. DOMAGE, directeur de la Société Nouvelle de Charbonnages des Bouches-du-Rhône	—	314
Déhouilleuses employées aux Etats-Unis, par M. de GENNES, ingénieur civil des Mines	—	332
Observations sur le havage mécanique: MM. DE CASTELNAU, BACHELLERY, DELAFOND, DE GENNES LE NEVE FOSTER, DOMAGE, CHAPOTON, DUVIVIER	—	336
Perforatrices électriques C. Bornet, avec injection d'eau par fleurets creux, par M. BORNET, ingénieur civil	—	341
4 ^{me} Séance. — Vendredi 22 juin 1900.		
<i>Emploi de l'électricité dans les mines. — Préparation mécanique des minerais et des charbons</i>	—	349
Note sur les grandes machines d'extraction électrique par M. DUVIVIER, directeur des Mines de Fer d'Audun-le-Tiche (Lorraine)	—	350
Installations électriques des Mines de Nœux, par M. BRESSON, ingénieur en chef des travaux du jour des Mines de Vicoigne et de Nœux	—	357
Sur la préparation mécanique des minerais métallifères par M. N. PELLATI, inspecteur général des Mines du royaume d'Italie	—	378
Méthode de séparation magnétique de la Société anonyme des Mines de Mechernich, par M. de CATELIN	—	383
Note sur la préparation des charbons par M. Chr. BUISSON, directeur des Houillères de Commentry (Allier)	—	390
Communication de M. le Professeur Henry LOUIS sur le triage magnétique des minerais	—	426
Notices sur les installations de triage, de décomposition et de recombposition des charbons, faites aux charbonnages de Gosson-Lagasse, à Jemeppe-lez-Liège (Belgique), par M. Emile DISCRY	—	428

5 ^{me} Séance. — Samedi 25 juin 1900.....	XV	433
Questions diverses	—	433
Emploi du fil hélicoïdal pour l'abatage du marbre par M. N. PELLATI.....	—	433
Observation à ce sujet de MM. BERTOLIO et LE NEVE FOSTER.....	—	436
Méthodes d'exploitation avec remblais partiels des couches en dressants des charbonnages de Gorlowka (bassin du Donetz), par M. A. HABETS, professeur à l'Université de Liège.....	—	438
Progrès de l'Industrie minérale et métallurgique aux Etats-Unis, par M. James DOUGLAS.....	—	448
Emploi des résidus de naphte pour la fabrication des agglomérés de houille par M. Léon JESSÉ-ROUX.....	—	453
De la statistique minérale, par M. LE NEVE FOSTER, professeur à l'Ecole des Mines de Londres.....		461
Observations de MM. HARZÉ, Henry LOUIS, PELLATI, DUJARDIN-BEAUMETZ.....	—	463
Fabrication du coke avec du charbon comprimé, par M. PETITJEAN, ingénieur civil des Mines..	—	468
L'industrie minérale en Bosnie-Herzégovine, par M. POECH, conseiller supérieur des Mines.....	—	472
La prophylaxie de l'ankylostomiasie dans les travaux souterrains des mines, par M. Paul HABETS.....	—	473
Observations de MM. de NAVAY, HARZÉ, PELLATI, LE NEVE FOSTER et WOLFF.....	—	483

CHAPITRE V

Séances de la Section de la Métallurgie.....	—	485
--	---	-----

1^{re} Séance. — Mardi 19 juin 1900.

Utilisation directe des gaz des hauts-fourneaux.	—	485
Communication de M. GREINER.....	—	486
Communication de M. E. DEMENGE.....	—	487
Observations de M. DUTREUX..	—	491

2^e Séance. — Mercredi 20 juin 1900.

Utilisation directe des gaz des hauts-fourneaux (suite). — Progrès dans la fabrication des moules d'acier. — Aciers spéciaux et alliages..	—	493
Utilisation, dans des moteurs à explosions, des gaz en excès provenant des fours à coke à récupération, par M. REUMAUX, agent général de la C ^{ie} des Mines de Lens.....	—	493

Analyse, par M. BRESSON, du rapport de M. G. ROCOUR, sur l'état actuel de la fabrication du métal Thomas et ses conséquences sur le puddlage	XV	502
Etat actuel de la fabrication des moulages d'acier, par M. TISSOT.....	—	504
Progrès réalisés depuis 1889 dans la métallurgie du fer et de l'acier et spécialement dans le procédé Martin, par M. Henry M. HOWE, professeur de métallurgie à l'Ecole des Mines de la Columbia-University.....	—	505
Observations de M. Jean ESCALLE fils, à propos du rapport de M. ROCOUR.....	—	523
Réponse de M. BRESSON.....	—	527
Observations de M. LODIN.....	—	529
La fabrication et le travail des aciers spéciaux, par M. BABU, professeur à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.....	—	531
Communication de M. DUMAS, sur les transformations allotropiques du fer	—	532
Note sur les accrochages ou arrêts dans la descente des matières chargées aux gueulards des hauts-fourneaux, par M. MORARD.....	—	539
3 ^e Séance. — Jeudi 21 juin 1900.		
<i>Discussion sur les aciers (suite)</i>	—	545
Communication de M. PRALON.....	—	545
Communication de M. R. Le CHATELIER.....	—	549
Communication de M. HUTH sur un mode de couler de l'acier permettant d'en faire varier la dureté.....	—	551
Communication de M. TSCHERNOFF sur l'influence des différents éléments qui, s'unissant avec le fer, modifient ses propriétés magnétiques.....	—	552
4 ^e Séance. — Vendredi 22 juin 1900.		
<i>L'aluminium et les produits nouveaux obtenus par le moyen de l'électricité</i>	—	557
Allocution de M. DOUGLAS.....	—	557
Observations de MM. MAUSSIER et LODIN sur l'aluminium.....	—	559
La Bessemerisation des mattes cuivreuses, par M. Paul JANNETTAZ, répétiteur à l'Ecole Centrale.....	—	560
Observations de MM. DOUGLAS, Paul DAVID.....	—	565
Note sur la métallurgie aluminothermique, par M. CLERC, ingénieur.....	—	573

I. — Préparation des métaux purs et notamment du chrome et du manganèse.....	XV	579
II. — Préparation du corindon artificiel.....	—	587
III. — Production de hautes températures et leur application à la soudure autogène.....	—	588
Observations de MM. HOWE, CLERC, LODIN.....	—	594
Mémoire de M. ANGLÈS D'AURIAC, sur les fours Martin.....	—	599
I. — Fours Martin.....	—	599
II. — Gazogènes.....	—	620
5 ^e Séance. — Samedi 23 juin 1900.		
<i>Etudes sur la déformation des métaux. — Métallurgie de l'or. — Questions diverses.....</i>	—	627
Observations présentées par M. Eugène VANDERHEYM, ingénieur du contrôle de la compagnie P.-L.-M.....	—	627
Phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux, par M. le Commandant HARTMANN.....	—	634
Observations de M. GROBOT, directeur des usines d'Assailly.....	—	634
Métallurgie de l'or, par M. BOUSQUET, ingénieur des Mines de la République Sud-Africaine....	—	640
Traitement électro-chimique des minerais d'or, par M. PELLATAN.....	—	655
Exploitation des placers au moyen de dragues à or, par M. David LEVAT, ingénieur civil des mines.....	—	655
Annexe n° 1. — Annexe à la communication faite le 23 juin par M. E. VANDERHEYM.....	—	661
Annexe n° 2. — L'aluminium en électricité, par M. G. CHARPENTIER-PAGE, de Valdoie.....	—	670
Annexe n° 3. — Nouveau procédé de traitement des minerais d'or par cyanuration, par M. PELLATAN, ingénieur civil des mines.....	—	679
Annexe n° 4. — Exploitation des placers au moyen de dragues à or, par M. David LEVAT, ingénieur civil des mines.....	—	693

CHAPITRE VI

<i>Banquet. — Jeudi 24 juin 1900.....</i>	—	749
Discours de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE.....	—	750
Toast de M. HARZÉ.....	—	752
Toast de M. CHALMETON.....	—	754

CHAPITRE VII

<i>Séance solennelle de clôture. — Samedi 23 juin 1900.</i>	XV	759
Communication de M. H. FAYOL.....	—	759
Discours de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE.....	—	766
Observations de MM. GRUNER, TAUZIN, HARZÉ.....	—	770
Proposition de M. KOTSOWSKY pour un prochain Congrès.....	—	772
Vœux.....	—	773
Allocutions de MM. PELLATI, LE NEVE FOSTER, DOUGLAS, LEYBOLD, DARCY, HATON DE LA GOUPILLIÈRE.....		775

CHAPITRE VIII

Compte Rendu financier du Congrès.....	—	779
Table alphabétique par noms d'auteurs.....	—	783
Table générale des matières.....	—	793



SOCIÉTÉ DE L'IMPRIMERIE THÉOLIER — J. THOMAS ET C^{ie}

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

LES
MACHINES D'ÉPUISEMENT SOUTERRAINES⁽¹⁾

Par **M. A. LAPONCHE,**
Ingénieur des Arts et Manufactures.

INTRODUCTION

Les questions d'exhaure ont toujours, et à juste titre, fortement préoccupé les ingénieurs des mines, et c'est peut-être dans le matériel d'épuisement que l'on est arrivé à réaliser les installations les plus parfaites de l'équipage d'une mine.

On s'explique sans peine ce soin apporté au perfectionnement du matériel d'exhaure, si l'on considère de quelle importance est pour une mine l'épuisement des eaux, et si l'on songe aux perturbations que peut amener l'inondation d'une exploitation.

En raison même de l'importance des machines d'épuisement, on a été conduit à préférer d'abord les appareils les plus simples et les plus sûrs à ceux d'un fonctionnement plus économique mais qui paraissaient au premier abord plus compliqués et plus sujets à des arrêts. Grâce aux recherches persévérantes des ingénieurs des mines et grâce aussi aux progrès de la construction mécanique, on est arrivé à produire dans ces dernières années des appareils d'épuisement qui réalisent à la fois la plus grande sécurité de marche et le fonctionnement le plus économique.

(1) Mémoire présenté en 1899 au concours de la Société de l'Industrie minérale.

Autant qu'il s'est agi d'épuiser à des profondeurs inférieures à 300 mètres, les pompes de surface à maîtresse tige ont paru suffisantes. Elles présentent l'avantage de laisser au jour les parties délicates, c'est-à-dire les machines motrices et elles conduisaient d'ailleurs, au point de vue économique, à un excellent fonctionnement. Mais, lorsqu'on a atteint les profondeurs de 400, 600, 800 mètres et même davantage, il ne fallait plus songer à porter à de pareilles profondeurs l'immense attirail des pompes de surface. Si l'on ajoute à cela que l'installation d'une machine de surface nécessite un puits utilisé seulement pour l'épuisement, et si l'on songe aux frais d'entretien considérables d'une pompe à maîtresse tige, on comprendra la faveur dont n'ont pas tardé à jouir les machines souterraines.

En 1891, M. Deschamps, dans un article publié par la *Revue universelle des Mines* (1), signalait l'avenir des machines souterraines et cependant il ne pouvait citer à cette époque que les pompes à vapeur et les pompeuses à colonne d'eau à moyenne pression.

Les années qui ont suivi ont vu apparaître les pompeuses hydrauliques à haute pression, les pompeuses électriques à vitesse réduite et à grande vitesse, les pompes centrifuges pour grandes hauteurs.

L'étude qui va suivre a pour objet la comparaison des divers systèmes de machines d'épuisement souterraines, comparaison basée à la fois sur des considérations théoriques et sur des exemples pratiquement réalisés que je me suis attaché à reproduire en aussi grand nombre que possible, soit d'après des renseignements recueillis auprès des ingénieurs et constructeurs, soit d'après les publications qui traitent des questions de mines.

(1) Deschamps. *Revue universelle des Mines*, tome XV, 3^e série.

PREMIÈRE PARTIE

Classification et Généralités.

Les différents systèmes de pompes souterraines actuellement employés sont les suivants :

I. Pompes à vapeur.

II. Pompes à transmission hydraulique.

Moteur hydraulique à mouvement alternatif.

Moteur hydraulique à mouvement de rotation.

III. Pompes à transmission électrique.

Pompes à mouvement alternatif à allure lente avec transmission intermédiaire.

Pompes à mouvement alternatif à grande vitesse sans transmission intermédiaire.

Pompes centrifuges.

IV. Pompes à air comprimé.

Dans tous ces systèmes, la source initiale d'énergie est généralement la chaleur ; il n'y a guère d'exception que pour les cas assez rares où l'on utilise des chutes d'eau naturelles.

La chaleur est employée sous forme de vapeur d'une façon immédiate ou après transformation. C'est ainsi que dans les pompes à vapeur l'énergie calorifique est utilisée immédiatement et transformée en énergie mécanique dans les machines du fond qui actionnent directement les pompes.

Pour les pompes hydrauliques ou électriques, l'énergie subit deux transformations intermédiaires destinées à en faciliter le transport. L'énergie calorifique, transformée au jour en énergie mécanique par une machine à vapeur, devient ensuite de l'énergie hydrau-

lique ou électrique, suivant le cas, par l'intermédiaire de dynamos ou de pompes de pression et est enfin transformée de nouveau en énergie mécanique par les moteurs hydrauliques ou électriques du fond.

Je ne parle que pour mémoire des machines à air comprimé que leur mauvais rendement ne permet pas d'employer d'une façon courante. On ne peut guère en effet compter dans une transmission par l'air comprimé sur un rendement total supérieur à 35%.

En principe, la pompeuse souterraine à vapeur semble donc la plus simple ; en fait elle est encore la plus répandue et jusqu'à ces dernières années, elle était presque exclusivement employée. L'utilisation des pompes souterraines à vapeur remonte déjà à une époque assez éloignée ; la première application en a été faite par M. Burat, mais l'usage ne s'en est répandu que lorsque des essais complets faits sur des installations bien étudiées ont montré que les inconvénients reprochés *a priori* à ce système, par rapport au système de pompes à maîtresse tige, n'avaient pas l'importance qu'on leur avait d'abord attribuée.

Les machines hydrauliques perfectionnées et les machines électriques plus récentes dans les installations minières ont pris depuis peu un développement considérable ; mais la transmission hydraulique à basse pression est antérieure à l'emploi des machines souterraines à vapeur.

Les pompeuses hydrauliques sont en ce moment en grande faveur, surtout en Allemagne, où d'importantes installations fonctionnent déjà avec un plein succès.

En France, les pompeuses hydrauliques perfectionnées viennent seulement de faire leur apparition.

Une pompe du système Kaselowsky est en montage au puits Ferrouillat des mines de Montrambert et la Béraudière. Une installation du même genre, faite,

comme la précédente, par la maison Biétreix, Leflaive et C^{ie}, et dont je parlerai plus loin, existe en Espagne aux mines de la Réunion (Compagnie des chemins de fer de Madrid à Saragosse et Alicante).

Il n'y a pas encore en France de grandes machines d'épuisement à transmission électrique, mais il existe un certain nombre d'installations de moyenne importance ; j'en décrirai quelques-unes au cours de cette étude (1).

La pompe proprement dite est indépendante du mode de transmission de l'énergie. Le système le plus employé est celui des corps de pompe à simple effet avec piston plongeur, genre Girard ou Farcot, à forme ovoïde. On donne au corps de pompe des sections variant sensiblement comme la vitesse du piston qui, nulle au commencement et à la fin de la course, passe par un maximum vers le milieu ; cette disposition a pour objet de conserver à l'eau une vitesse aussi constante que possible pour éviter les chocs dus à l'inertie.

Les corps de pompe à simple effet sont groupés par deux, trois ou quatre, de façon à obtenir une régularisation convenable du débit.

On emploie également les pompes différentielles qui, au point de vue du fonctionnement et de la régularité, se comportent comme des pompes à double effet, tout en nécessitant moitié moins de soupapes.

Elles peuvent être groupées, comme celles à simple effet, par deux ou par trois.

(1) Depuis l'époque où ces lignes ont été écrites (année 1899), de nombreuses installations électriques ont été étudiées et montées en France ; mais il n'a encore été publié, que je sache, aucune description complète des machines d'épuisement d'Anzin, la Grand'Combe, Roche-la-Molière, Marles, Portes et Sénéchas, Rochebelle, etc., qui fonctionnent déjà ou sont en cours d'exécution.

Enfin, on emploie aussi quelquefois les pompes à double effet.

Sans entrer dans le détail de la construction des pompes proprement dites, je donnerai quelques indications sur deux organes importants de ces appareils : les régulateurs de débit et les soupapes.

Réservoirs d'air et régulateurs de débit.

Les conduites d'exhaure ont généralement des longueurs de plusieurs centaines de mètres, il en résulte que l'on a constamment en mouvement dans ces conduites des masses d'eau considérables dont le poids total atteint souvent une vingtaine de tonnes. Or le mouvement des pistons des pompes est presque toujours alternatif. (Je fais abstraction pour le moment des pompes rotatives qui sont encore très peu répandues dans les mines.) Par conséquent, le débit des pompes est variable suivant le point de la course que l'on considère ; la vitesse d'écoulement de l'eau par les clapets de refoulement n'est donc pas uniforme et la vitesse dans la conduite d'exhaure serait elle-même variable si aucun organe régularisateur n'était interposé entre les pompes et la conduite. Il résulterait de cette disposition que l'énorme masse d'eau en mouvement subirait des variations de vitesse considérables déterminant des efforts d'inertie susceptibles de disloquer les joints de la conduite et même de détruire le moteur. C'est pour obvier à cet inconvénient que l'on place sur la conduite un organe régulateur qui, dans la plupart des cas, est un simple réservoir d'air.

Lorsque la vitesse de la pompe s'accélère, une certaine quantité d'eau s'introduit dans le réservoir et comprime l'air renfermé dans ce dernier. Au contraire, dans les portions de la course où le débit est inférieur au débit

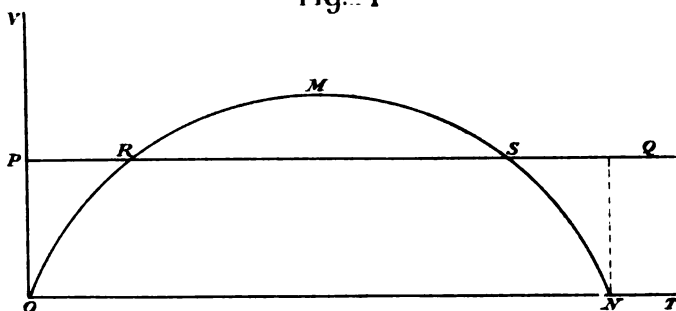
moyen, l'air se détend et chasse l'eau détournée en restituant ainsi la force vive en excès qu'il avait accumulée.

L'air contenu dans le réservoir est toujours à une pression au moins égale à la pression de refoulement. Cet air est continuellement dissout par l'eau épuisée et d'autant plus facilement que la pression est plus grande. Il faut donc prévoir un moyen de renouveler l'air, ce que l'on fait, soit en ménageant des reniflards à l'aspiration, soit en envoyant de l'air dans le réservoir au moyen d'un petit compresseur spécial. Le reniflard peut être placé ou bien sur la conduite d'aspiration, ou bien sur le corps de pompe lui-même.

Reste à déterminer le volume du réservoir d'air.

Soit une pompe animée d'un mouvement périodique quelconque se reproduisant à chaque course. Prenons deux axes de coordonnées rectangulaires et portons en abscisses le temps pendant une course et en ordonnées les vitesses qui seront représentées par exemple par la courbe $O M N$ (Fig. 1). L'aire $O M N$ représente, à une

Fig. 1



constante près, qui est la surface du piston, le volume d'eau débité par la pompe en une cylindrée. Si pendant le même temps le débit dans la conduite est uniforme,

il sera représenté par une droite P Q horizontale et telle que

$$\text{Aire R M S} = \text{aire O P R} + \text{aire N Q S}.$$

Le volume d'eau détourné pendant une course par un réservoir d'air satisfaisant à cette condition sera le volume R M S et on appelle *coefficient de régularité*

le rapport $\frac{\text{aire R M S}}{\text{aire O M N}} = \frac{1}{K}.$

Cela posé, soit V le volume du réservoir d'air, v le volume engendré par le piston et U le volume détourné. Soit p la pression de refoulement lorsque le volume dans le réservoir d'air est V; quand le volume devient V-U, la pression devient $p + \frac{p}{n}$ et, d'après la loi de Mariotte, on a :

$$\frac{V}{V-u} = \frac{p \frac{n+1}{n}}{p}$$

Or,

$$u = \frac{1}{K} v$$

donc

$$V = \frac{1}{K} v (n + 1)$$

En pratique, pour les conduites de refoulement, on fait $n = 200$ et, par suite, en négligeant 1 devant n,

$$V = \frac{1}{K} 200 v$$

Donc lorsqu'on connaît la loi de variation du débit, il est facile de déterminer le volume du réservoir qui correspond à une valeur donnée de n. On voit que le volume du réservoir est inversement proportionnel à K.

Le raisonnement précédent s'applique aux pompes à plusieurs corps et il serait facile de voir que le rapport $\frac{1}{K}$ est d'autant plus petit que le nombre de pistons actionnés par le même arbre est le plus grand. De là, l'emploi des pompes à deux, trois et quatre corps qui nécessitent des réservoirs d'air moindres que les pompes à un seul corps.

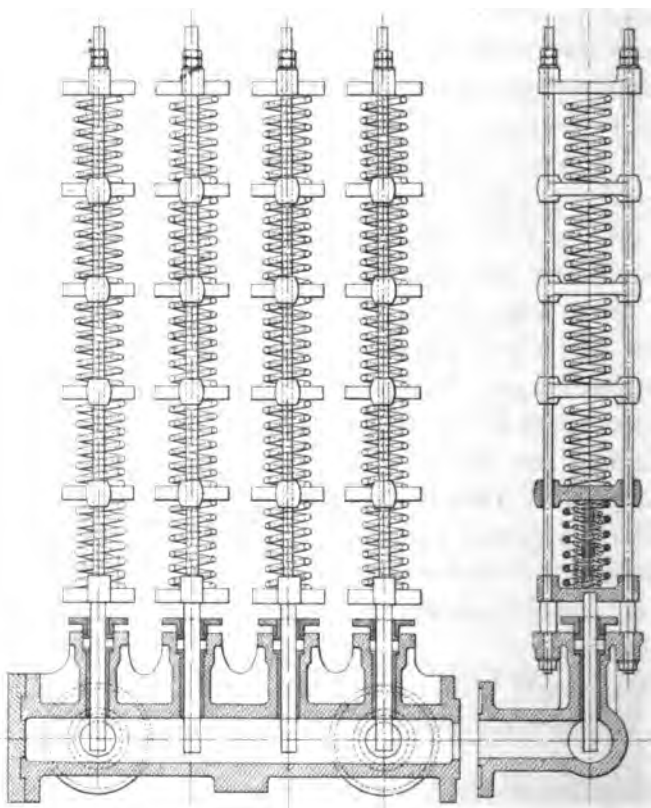
Les réservoirs d'air présentent un certain nombre d'inconvénients qui ont fait rechercher aux constructeurs des dispositions nouvelles pour régulariser le mouvement de l'eau dans les conduites. Les réservoirs d'air, pour être efficaces, doivent en effet être très volumineux, de plus, pour les grandes hauteurs de refoulement ils doivent être très résistants et on est conduit la plupart du temps à les établir en acier moulé, ce qui les rend d'un prix élevé peu abordable pour les installations simples. De plus, l'usage des réservoirs d'air nécessite l'emploi, soit de reniflards qui diminuent le rendement volumétrique des pompes, soit de compresseurs qui compliquent l'installation et en augmentent le prix. Enfin la présence d'un réservoir d'air est une menace continuelle d'explosion pouvant causer des dégâts de la plus haute gravité, surtout dans une chambre souterraine.

Un certain nombre de dispositifs ont été employés en vue de remplacer les réservoirs d'air simples.

Régulateur Beer. — Cet appareil, représenté par la Fig. 2, est constitué par un tube de fort diamètre réunissant les soupapes de refoulement des pompes. Ce tube présente un certain nombre de tubulures garnies de bronze et dans lesquelles peuvent glisser autant de pistons. Ces derniers portent une série de plateaux séparés par des ressorts puissants ; les plateaux sont

guidés par des tiges métalliques fixes. L'eau détournée agit ici non plus sur un certain volume d'air, mais bien sur les ressorts qui sont ramenés par leur élasticité lorsque le débit diminue. On supprime ainsi la nécessité de remplacer l'air dissous par l'eau ; de plus, le

Fig - 2. Régulateur Beer



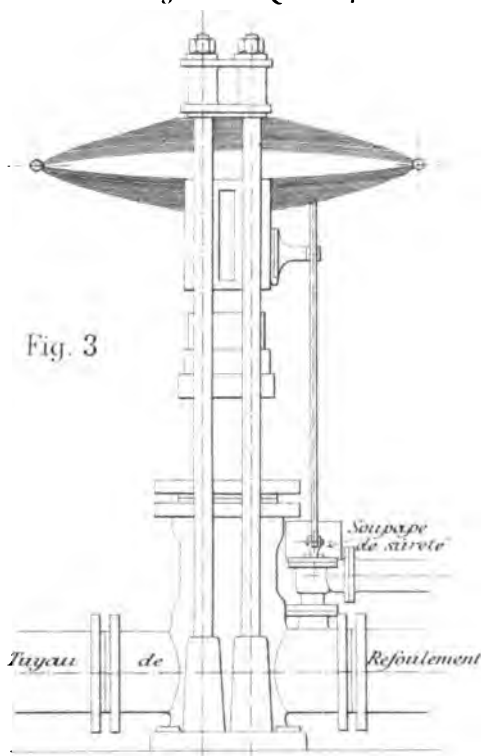
mécanicien n'a plus à s'occuper de son régulateur qui fonctionne d'une façon absolument automatique.

Ce régulateur, installé à la machine d'épuisement des charbonnages de la Louvière, a parfaitement fonctionné, et les diagrammes relevés sur la pompe indiquent qu'il

régularise bien le mouvement de l'eau. Il a pourtant l'inconvénient d'augmenter le nombre des presse-garnitures.

Régulateur Quillacq. — Ce régulateur est basé sur le même principe que le précédent, il ne comporte qu'un seul corps de pompe dans lequel se meut un piston qui comprime contre un sommier en fonte des ressorts à lames (ressorts de wagons). Un appareil de ce genre fonctionne à la machine d'épuisement construite pour les mines de Bruay (FIG. 3).

Régulateur Quillacq



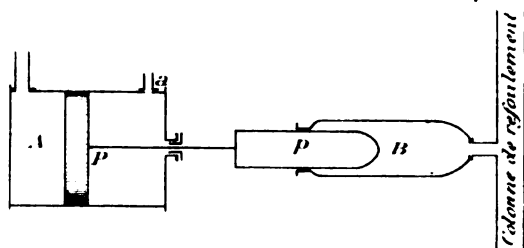
Régulateur Hattorn et Davey. — La régulation est obtenue au moyen de la vapeur.

En principe, l'appareil est constitué de la manière

suivante : un cylindre à vapeur A et un cylindre à eau B sont placés l'un à la suite de l'autre et communiquent par leurs faces opposées, le premier avec la conduite de vapeur de la machine souterraine, le second avec l'eau de la colonne de refoulement.

Dans le cylindre A (Fig. 4) se meut un piston P ; dans B se déplace un plongeur *p*. Les deux pistons P et *p* sont montés sur une même tige. La face interne du cylindre A communique constamment avec l'atmosphère par la tubulure *a*. Les pistons sont proportionnés de telle façon qu'il y ait équilibre entre la pression exercée par la vapeur sur P et la pression statique de l'eau en B. On a donc en réalité un réservoir

Fig. 4 Régulateur Hathorn et Davey



voir de vapeur constitué par le cylindre A, la conduite de vapeur et les chaudières ; ce réservoir joue le même rôle régulateur que le réservoir d'air ordinaire ; mais, en raison du grand volume occupé par la vapeur, les surpressions y sont très peu considérables. De plus, cet appareil est disposé comme appareil de sûreté en cas de rupture de la conduite de refoulement. Si cet accident vient à se produire, le piston-vapeur est violemment projeté vers la droite et ferme l'ouverture *a* ; l'air comprimé sert de matelas et empêche le choc du piston contre le fond du cylindre. En même temps, un système de leviers, solidaire de la tige des pistons, ferme la valve de l'arrivée de vapeur

et empêche une accélération dangereuse de la machine motrice.

Ce régulateur de débit a été appliqué à la machine d'épuisement à transmission hydraulique des charbonnages des Bouches-du-Rhône.

Régulateurs de pression des pompes Kaselowsky (brevet Prott Seelhoff). — Une machine d'épuisement du système Kaselowsky comporte, comme nous le verrons plus loin, plusieurs régulateurs de pression placés sur les conduites d'eau sous pression de l'installation. Tous ces régulateurs, appelés ici accumulateurs, sont établis d'après le même principe : deux pistons de diamètres différents se meuvent dans deux corps de pompe dont l'un est rempli par de l'air comprimé tandis que l'autre communique avec la conduite dans laquelle on veut régulariser le mouvement. Les diamètres des deux pistons sont proportionnés de telle façon que l'on n'ait pas de surpression excessive dans le réservoir à air comprimé ; le rapport entre les sections des deux pistons est généralement voisin de 5. Un petit compresseur placé au jour est relié aux accumulateurs par une petite conduite en cuivre rouge de 10 millimètres de diamètre et compense les pertes d'air comprimé des accumulateurs. Mais comme cet air n'est pas en contact avec l'eau, les pertes sont faibles et se réduisent à celles qui résultent des fuites par les garnitures. L'étanchéité des joints est d'ailleurs assurée par un bain d'huile. Le compresseur fonctionne seulement par intermittence.

Ces accumulateurs sont d'une grande sensibilité. MM. Griot et Rodde, ingénieurs aux mines de Mont-rambert, ont eu l'occasion, au cours d'un voyage d'études en Allemagne, de voir fonctionner deux machines d'épuisement du système Kaselowsky aux

mines de Gottesegen et de Pluto. A Gottesegen, la pression dans le réservoir d'air de l'accumulateur du jour variait de 39 à 42 atmosphères, et les oscillations des plongeurs étaient de 45 à 80 millimètres. Les pistons des accumulateurs du fond avaient des oscillations à peine perceptibles. A la mine Pluto, l'accumulateur intérieur à haute pression a des oscillations de 15 millimètres, dans celui à basse pression l'amplitude est de 30 millimètres.

Les accumulateurs des pompes Kaselowsky n'entrent pas dans la catégorie des réservoirs d'air des pompes proprement dites ; ils sont placés non plus sur la conduite d'exhaure, mais sur la conduite d'eau motrice (200 à 300 atmosphères) et sur la conduite de retour d'eau. Ils pourraient néanmoins être employés comme réservoirs d'air sur les conduites d'exhaure ; s'ils présentent, comme les réservoirs d'air ordinaires, l'inconvénient de nécessiter un récipient métallique à haute pression, ils ont, par contre, l'avantage de séparer complètement l'eau de l'air et par suite d'éviter la dissolution de l'un par l'autre. Ces appareils ont une grande analogie avec les régulateurs Beer et Quillacq ; les ressorts de ces derniers sont simplement remplacés par un matelas d'air comprimé.

Soupapes.

Le bon rendement d'une installation résulte non seulement de la supériorité du système employé, mais aussi du soin apporté dans l'étude de tous les détails de l'installation. En particulier, dans une pompe, on doit s'appliquer à éviter toutes les causes de frottement et de perte de charge qui absorberaient en pure perte une partie de l'énergie totale.

De plus, pour augmenter le rendement volumétrique des pompes et réduire l'importance des chocs, il est de

toute nécessité de faire des soupapes à faible levée. On est donc conduit à donner aux sièges des soupapes une grande étendue.

Soit une soupape simple dont le siège a un rayon r et dont la levée est h . Pour que la section d'écoulement de l'eau ne soit pas diminuée au passage de la soupape, on doit avoir la relation

$$2 \pi r h \geq \pi r^2$$

c'est-à-dire :

$$h \geq \frac{r}{2}$$

Il résulte de là que l'on ne peut guère, pour les grands débits, songer à employer des soupapes circulaires simples qui conduiraient à des levées considérables.

On admettait autrefois, pour les pompes à marche lente, des levées de 25 millimètres ; actuellement on descend au-dessous de 5 millimètres et on ne dépasse jamais 10 millimètres. On arrive à ce résultat par la multiplication des sièges. Il existe des machines d'épuisement souterraines, élevant 3 mètres cubes d'eau à 300 mètres, qui ont jusqu'à 300 clapets.

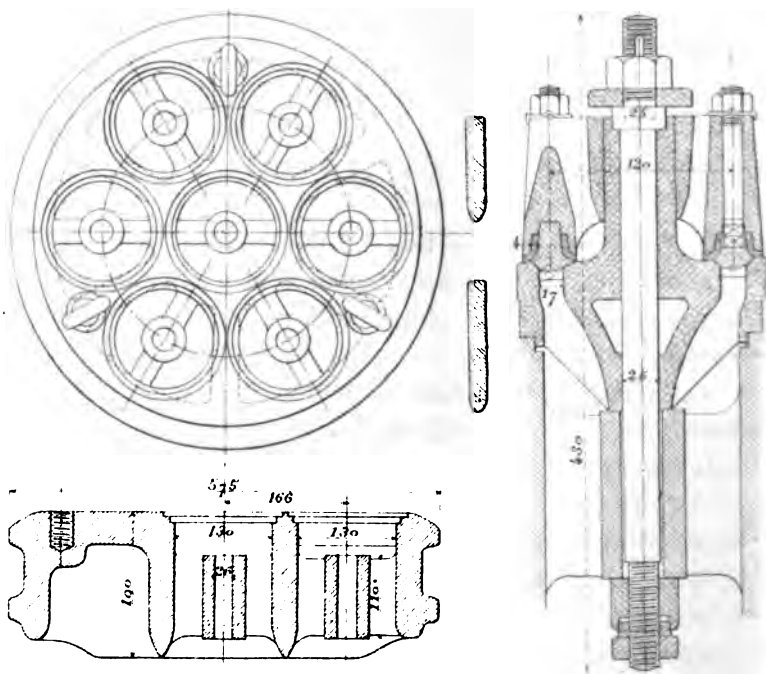
Cette nécessité de multiplier les sections de passage a conduit à l'adoption de divers systèmes de soupapes dont les principaux sont les suivants :

1° *Soupapes ordinaires à sièges multiples.* — L'ensemble de la section d'écoulement de l'eau est formé d'une série d'ouvertures circulaires placées dans un même plan horizontal et recevant des soupapes simples.

2° *Soupapes annulaires multiples.* — Chaque soupape présente une double section d'écoulement. Le fonctionnement est plus sûr que celui des soupapes précédentes et l'encombrement est moindre (Fig. 5).

3° *Soupapes concentriques.* — La soupape comporte une série d'anneaux concentriques venant reposer sur des sièges situés dans le même plan ou dans des plans peu éloignés. On réalise ainsi de grandes

Fig. 5



sections avec de faibles levées ; mais la construction est un peu compliquée (FIG. 6).

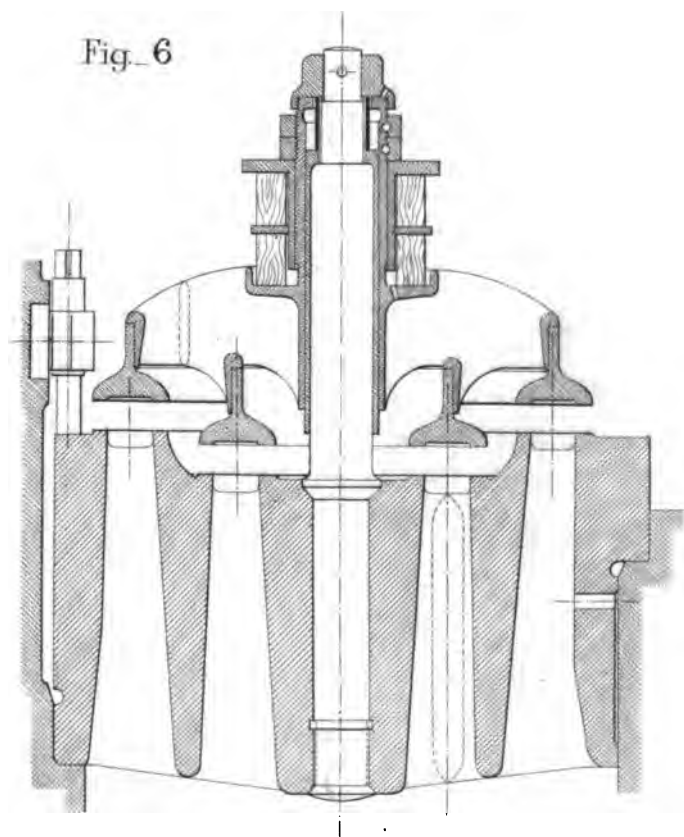
4° *Soupapes annulaires étagées.* — Ces dernières soupapes sont actuellement les plus employées. Ce sont celles qui, pour une section de passage donné, conduisent à l'encombrement minimum en diamètre car on a la faculté d'augmenter pour ainsi dire à volonté le nombre de sièges superposés en augmentant la hauteur de la soupape (FIG. 7).

5° On emploie aussi très souvent des soupapes constituées par un grand nombre de petits clapets dits *Corliss*,

très légers et rappelés automatiquement par des ressorts. Ces clapets se comportent bien aux grandes vitesses.

Toutes les soupapes précédentes sont à *mouvement libre*, c'est-à-dire qu'elles se soulèvent simplement par l'action de l'eau refoulée et elles se referment sous l'influence de leur poids et du poids de la colonne d'eau

Fig. 6



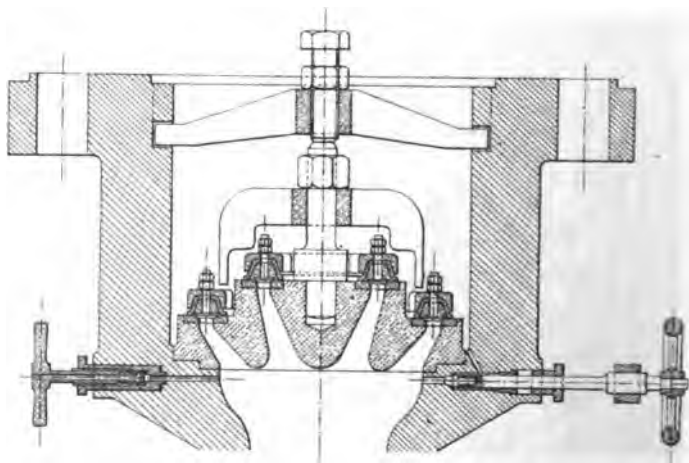
qui les surmonte. Le professeur Riedler emploie, en particulier pour les machines d'épuisement souterraines, des soupapes à mouvement conduit qui se soulèvent automatiquement, mais dont le mouvement de fermeture est relié à celui de la machine. C'est en général

une came qui, au moment voulu, vient appliquer brusquement la soupape sur son siège. L'emploi de ces soupapes a permis d'accroître la vitesse des pompes. Les pompes du district de Bockwa, établies pour marcher normalement à la vitesse de 50 tours par minute, peuvent atteindre 80 et même 100 tours dans les cas exceptionnels.

La soupape représentée Fig. 6 appartient à ce système.

6° *Soupapes Riedler-Stumpf.* — Plus récemment, les professeurs Riedler et Stumpf ont imaginé pour

Fig. 7

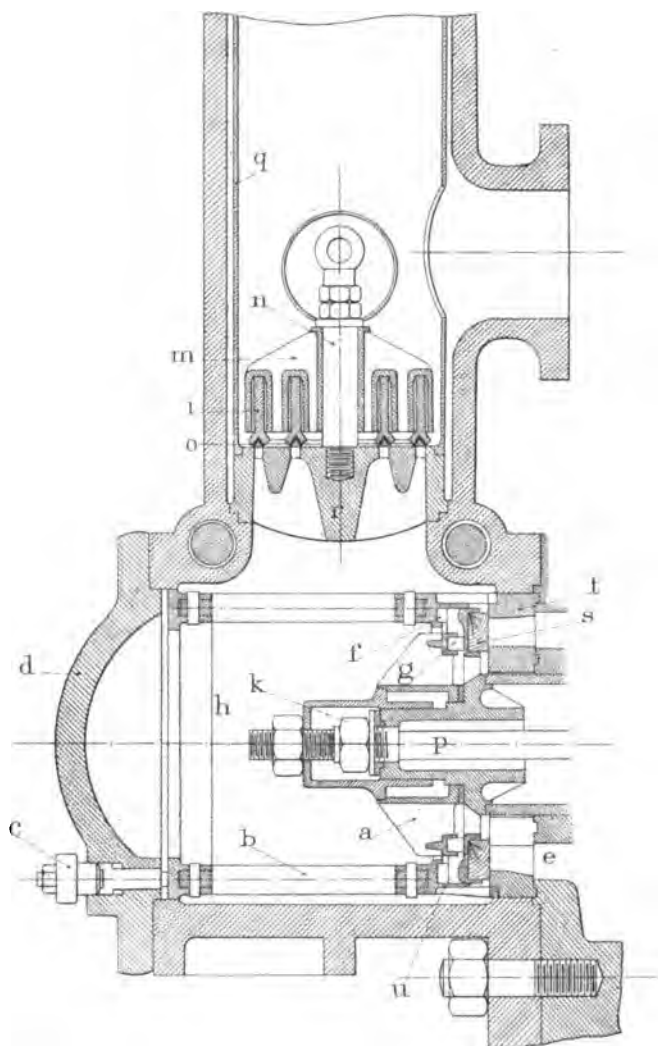


leurs pompes dites « express », actionnées directement par les moteurs électriques, deux soupapes : l'une pour l'aspiration, l'autre pour le refoulement.

Soupape d'aspiration (Fig. 8). — Le clapet S est constitué par un disque annulaire en métal, en ébonite ou en bois, maintenu par une armature en métal ; cet anneau est disposé autour du piston p. L'aspiration se fait lorsque le piston p se déplace de gauche à droite ; la soupape est guidée dans son mouvement d'ouverture par une couronne circulaire u solidaire des tiges h,

lesquelles s'appuient sur le siège *t* de la soupape et servent à le maintenir en place ; le réglage s'effectue

Fig. — 8



de l'extérieur au moyen des boulons *c*. Pour éviter les chocs au moment de la levée, la couronne *u* est munie

d'une bague en caoutchouc *f*. La soupape reste ouverte pendant toute la durée de l'aspiration, mais au moment exact où la manivelle arrive au point mort, c'est-à-dire au moment où le refoulement va commencer, le piston ferme la soupape d'aspiration. A cet effet, la tête du piston *p* est munie d'un croisillon *a* portant une bague en caoutchouc *g* qui, à fin de course, vient s'appliquer sur la soupape d'aspiration.

Cette disposition de soupape permet d'avoir une grande section; elle assure la fermeture de l'aspiration à fin de course et supprime les battements inévitables des soupapes aux grandes vitesses. Les chocs sont d'ailleurs encore diminués par le faible poids des soupapes; en fait, ces soupapes fonctionnent jusqu'à 300 ou 350 tours par minute. Enfin, grâce à l'interposition des bagues de caoutchouc, tous les mouvements se font sans bruit.

Soupape de refoulement. — La soupape de refoulement (FIG. 8) est libre; elle est constituée par un siège *r* présentant généralement plusieurs ouvertures annulaires. Ce siège est maintenu en place par le tube *q*. Les ouvertures annulaires sont fermées par des anneaux *o* en bois ou en ébonite; au-dessus de ces anneaux sont des cercles en caoutchouc *i* formant ressorts encastrés dans le corps de soupape *m*, lequel est fixé au siège par le boulon *n*. Le fonctionnement de cette soupape se comprend de lui-même: c'est une soupape à clapets annulaires mais dans laquelle la fermeture des clapets est accélérée par les bagues de caoutchouc qui agissent comme les ressorts des clapets genre Corliss.

DEUXIÈME PARTIE

Machines d'épuisement souterraines à vapeur.

L'installation d'une pompeuse souterraine à vapeur comporte comme éléments essentiels :

- I. Une batterie de chaudières ;
- II. Une conduite de vapeur dans le puits ;
- III. Une conduite d'exhaure dans le puits ;
- VI. Les moteurs et pompes du fond.

Conduites de vapeur.

Dans l'établissement des conduites destinées à amener la vapeur aux machines d'épuisement souterraines, on doit chercher à réduire au minimum les pertes d'énergie résultant de la présence de ces conduites. Ces pertes d'énergie ont deux origines :

- 1° Les condensations de vapeur dans la conduite ;
- 2° Les pertes de charge dans cette même conduite.

Les condensations, aussi bien que les pertes de charge, sont proportionnelles aux longueurs des tuyaux ; ces longueurs étant fixées par la position respective des chaudières du jour et des machines du fond, il est impossible d'agir sur cet élément ; mais on peut agir sur les sections des tuyaux.

La condensation dans la conduite résulte de la transmission de chaleur à travers la paroi du tuyau. Soit M la quantité de chaleur transmise par mètre de longueur de conduite et par heure, si l'on désigne par λ la chaleur de vaporisation de l'eau à la pression des chaudières, la perte M correspond à la condensation

d'une quantité de vapeur $\frac{M}{\lambda}$ par heure et par mètre de conduite.

On peut admettre qu'on est dans le cas de la transmission de chaleur entre deux fluides à température constante. La formule donnant la quantité de chaleur transmise par mètre de longueur et par heure est :

$$M = SQ(T - \theta)$$

En désignant par S la surface extérieure du tuyau, T la température de la vapeur, θ la température de l'air dans le puits, Q le coefficient de transmission défini par la formule :

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{K} + \frac{e}{C} + \frac{1}{K'}$$

K désigne le coefficient de transmission par radiation et convection de l'enceinte chaude à la face interne de la conduite, K' le coefficient de transmission de la face externe de la conduite à l'enceinte froide, e l'épaisseur du métal, C sa conductibilité. On a de plus :

$$K = mr + nf \qquad K' = m'r' + n'f'$$

r et r' étant les coefficients de radiation, f et f' les coefficients de convection. Dans un tuyau, il n'y a pas de radiation et par suite $r = 0$. D'après de nombreuses expériences, nf a pour minimum 10.000; $\frac{e}{C}$ est très petit car C est voisin de 400, $\frac{1}{K}$ et $\frac{e}{C}$ sont donc pratiquement négligeables et on peut admettre que $Q = K'$. Pour la fonte, le coefficient r' varie, d'après Péclet, de 3,17 à 3,36, suivant que la fonte est neuve ou oxydée; d'après Péclet également, pour les tuyaux cylindriques le coefficient f' peut se mettre sous la forme :

$$f' = \left(0,726 + \frac{0,0345}{\sqrt{p}}\right) \left(2,43 + \frac{0,8758}{\sqrt{h}}\right)$$

ρ désignant le rayon du cylindre, h sa hauteur (1 mètre dans le cas particulier qui nous occupe). Quant aux coefficients m' et n' , d'après Ser ils ont les valeurs suivantes :

$$m' = a'' \times 124,72 \frac{a^{t'-t''} - 1}{t' - t''}$$

$$n' = 0,552 (t' - t'')^{0,233}$$

a étant un coefficient qui a pour valeur 1,0077, t' et t'' désignant les températures du tuyau et du fluide extérieur. Pour les parois métalliques minces, la température de la paroi est très voisine de la température du fluide chaud.

Comme application des formules précédentes, supposons un tuyau de 150^{mm} de diamètre moyen renfermant de la vapeur à la pression de dix atmosphères et par suite à la température de 184°, placé dans un puits où la température est de 34°. On a :

$$S = 0^{\text{m}^2},47 \quad r' = 3,25 \quad f = 3,1628 \quad m' = 2,32 \\ n' = 2,718$$

d'où

$$Q = K' = 16,1 \quad \text{et} \quad M = 0,47 \times 16,1 \times (184 - 34) = 1,130,$$

ce qui correspond à la condensation d'une quantité de

$$\text{vapeur égale à } \frac{1,130}{480} = 2^{\text{t}},35, \text{ soit } 5^{\text{t}} \text{ par mètre carré}$$

de surface de tuyau et par heure. Si le tuyau a une longueur de 500 mètres, ce qui n'est pas rare, on aura par heure une condensation de vapeur de 1.170 kilos environ. Ce chiffre est un peu exagéré car la température extérieure du tuyau n'est pas de 184° mais un peu inférieure à ce chiffre.

Le calcul précédent s'applique au cas d'une conduite non pourvue d'enveloppe calorifuge. Avec de bons isolants, on peut réduire la condensation des deux

tiers et même des trois quarts. On pourrait d'ailleurs déterminer les transmissions par les formules précédentes, connaissant l'épaisseur et le coefficient de conductibilité du calorifuge employé.

En prenant pour unité la transmission par le métal nu, MM. Burnat et Royet et M. Brull ont trouvé que la transmission par le métal recouvert d'une enveloppe isolante s'exprimait par les chiffres du tableau ci-après.

MATIÈRE EMPLOYÉE	ÉPAISSEUR	BURNAT et ROYET	BRULL
Métal nu	»	1,00	1,00
Coton et toile.....	»	0,48	»
Paille	0,015	0,34	»
Liège pur	0,015	»	0,42
Liège pur	0,018	»	0,37
Liège aggloméré.....	0,015	»	0,36
Liège aggloméré	0,021	»	0,29
Feutre	0,020	»	0,32
Paille	0,025	»	0,31
Coton minéral.....	0,040	»	0,26

Quoi qu'il en soit, les résultats précédents montrent que la quantité de chaleur transmise et par suite la quantité de vapeur condensée est indépendante de la vitesse de circulation de la vapeur dans les conduites. Cette condensation dépend uniquement, pour une conduite donnée, de la surface extérieure de la conduite et de la différence de température entre les deux fluides (vapeur et air). Ces conclusions sont d'ailleurs confirmées par les expériences faites par le professeur Gutermuth au puits Josepha de la mine

Gerhardt (Bassin de Saarbrück). M. Gutermuth a trouvé que, pour des conduites très bien isolées, la quantité de vapeur condensée était :

1^k,10 à 1^k,35 par mètre carré de surface intérieure et par heure pour des tuyaux en fer ;

1^k,03 à 1^k,33 par mètre carré de surface intérieure et par heure pour des tuyaux en fonte.

De nombreuses expériences faites au Creusot par M. Compère en 1884 sur un très grand nombre d'enveloppes calorifuges ont donné, pour une différence de température de 145° entre l'intérieur et l'extérieur d'un tuyau en fonte contenant de la vapeur, une condensation moyenne de :

Tuyaux nus : 5^k,8 par mètre carré et par heure ;

Tuyaux enveloppés : 0,813 à 1,630 par mètre carré et par heure, suivant l'enveloppe.

Aux machines d'épuisement du district de Bockwa (Allemagne), des essais faits en août 1893 avec des conduites bien isolées et parfaitement étanches ont accusé une condensation horaire de 1^k,4 par mètre carré de surface de tuyau.

A la machine d'épuisement des fonderies et forges de Terrenoire, dans une conduite de 0^m,150 de diamètre enveloppée de mastic Lenoir, la condensation par mètre carré de surface de la conduite et par heure atteignait 2^k,500.

De ce qui précède, il résulte que l'on est conduit, pour réduire les condensations, à diminuer la surface d'émission des tuyaux de vapeur et par suite à augmenter la vitesse de circulation de la vapeur. Mais la perte de charge dans les conduites est fonction de la vitesse.

La perte de charge totale éprouvée par la vapeur est égale à la somme des pertes de charge résultant des

frottements, des changements de direction, des changements de section. Il n'y a généralement pas de changements de section dans les conduites de vapeur des puits.

Quant aux changements de direction, ils sont peu nombreux et n'occasionnent qu'une perte de charge relativement faible; dans tous les cas, il faut avoir soin de les faire avec des rayons aussi grands que possible.

La perte de charge par frottement dans une conduite de longueur L , de section Ω et de périmètre χ où circule un fluide dont le poids spécifique est d , s'exprime par la formule

$$h = \frac{C L \chi}{\Omega} \cdot \frac{d \cdot v^2}{2g}$$

v étant la vitesse de circulation du fluide. En particulier, si on considère une conduite cylindrique de diamètre intérieur D , la formule prendra la forme :

$$h = C' \cdot \frac{L}{D} \cdot d v^2 = C'' \frac{L}{D^5} d \cdot V^2$$

V étant le débit en volume par seconde.

La perte de charge est donc inversement proportionnelle à la cinquième puissance du diamètre.

En réalité, le coefficient C' ou C'' n'est pas constant; il est fonction du diamètre du tuyau; mais pour les diamètres usuels des conduites de vapeur des puits il est assez peu variable pour qu'on puisse le considérer comme constant.

Malheureusement, on ne possède pas des expériences bien complètes sur la loi des pertes de charge de la vapeur dans les conduites et il règne encore quelque incertitude sur la valeur du coefficient de frottement. Il est vrai que les lois en question sont beaucoup plus complexes pour la vapeur que pour les gaz puisque à

la perte de charge par frottement proprement dit vient s'ajouter la perte de charge résultant de la condensation. Il serait à souhaiter que quelque expérimentateur établît pour la vapeur des tables analogues à celles calculées, il y a déjà longtemps, par M. Arson pour les gaz, ou des graphiques analogues à ceux publiés récemment pour les conduites d'air par M. Petit.

Le professeur Gutermuth, qui a étudié cette question, précisément dans le cas de conduites de vapeur placées dans un puits, a déduit de ses expériences la formule :

$$h = C \frac{L}{D} d. v^3$$

h étant la perte de charge en kilos par mètre carré ou, ce qui revient au même, en millimètres de colonne d'eau.

Le coefficient C a pour valeur 0,0015.

MM. Ledoux et Barry, qui ont expérimenté à Anzin sur des conduites de 47, 71 et 100 millimètres de diamètre, ont trouvé pour le coefficient C la valeur de 0,0011.

MM. Garnier et Auscher (1) ont déduit des expériences qu'ils ont faites à Indret la formule suivante :

$$h = K. d. v^3$$

dans laquelle K est un coefficient qui tient compte du frottement ainsi que des étranglements, coudes, guichets et autres accidents.

Le coefficient K peut s'écrire :

$$K = C \frac{L}{D} + C'$$

$$C = 0,0008.$$

(1) Bertini. *Les Machines marines*.

M. Auscher conseille de doubler le coefficient C dans la pratique, ce qui lui donne la valeur 0,0016, voisine de celle trouvée par M. Gutermuth. Quant à C' , il a les valeurs suivantes :

Coude brusque à 90°.....	$C' = \frac{1}{20} =$	0,05
Tuyau débouchant dans un réservoir.....		0,05
Petit tuyau débouchant à angle droit dans un gros tuyau.....		0,05
Passage dans un branchement d'équerre sans changement de section.....		0,10
Passage à travers une soupape d'arrêt ouverte en grand.....		0,02
Coude de longueur s et de rayon r $\frac{s}{r^3} [0,0002 + 0,001 r]$		
Etranglement dans un diaphragme de section ω_1 (ω étant la section courante où la vitesse est v).....	$0,083 \frac{\omega}{\omega_1} -$	0,05

La formule de M. Auscher peut donc s'écrire :

$$h = \left(C \frac{L}{D} + C' \right) d \cdot v^2,$$

en donnant à C et C' les valeurs indiquées ci-dessus.

En résumé, la vitesse de la vapeur agit en sens inverse sur les deux causes de perte d'énergie ; il faudra donc, dans l'établissement de la conduite, déterminer la vitesse qui donne une somme de pertes minima. En général, on recherche une vitesse produisant une perte de charge très faible (presque toujours inférieure à 0 k. 5) sans se préoccuper de la condensation ; quelquefois même la perte de charge est nulle ou même négative, le poids de la colonne de vapeur équilibrant ou surpassant les résistances de la conduite. Ce ne sont pas toujours là les conditions les plus économiques.

M. Deschamps rapporte, dans son mémoire sur les machines de mines (1), des résultats d'expériences faites par le professeur Gutermuth et qui montrent bien de quelle importance peut être le choix de la vitesse de la vapeur ; ces expériences, faites sur la même machine d'épuisement souterraine compound, se résument de la manière suivante :

	1 ^{re} expérience.	2 ^e expérience.
Pression aux chaudières.....	5 atmosphères.	6 atmosphères.
Vitesse dans la conduite.....	5 m. p ^r seconde.	41 ^m , 10 par seconde.
Admission dans le cylindre à haute pression	0,21	0,50
Chute de pression	— 0,7 atm.	3,3 atm.
Pression dans la chambre des machines.....	5,07 atm.	2,7 atm.
Consommation nette de la machine par cheval en eau élevée.....	10 ^m , 29	11 ^m , 61
Condensation par cheval.....	3 ^m , 71	1 ^m , 18
Consommation totale.....	14 ^m , 00	12 ^m , 79

Le tableau précédent montre nettement qu'il peut y avoir avantage dans certains cas à admettre une perte de charge considérable, puisque dans la seconde expérience la consommation totale par cheval utile a été moindre que dans la première, bien que la perte de charge ait été de 3,3 atmosphères, alors que dans le premier cas elle était négative, et bien que la machine fonctionnant à 50 % d'introduction au petit cylindre fût dans de moins bonnes conditions et consommât plus de vapeur que dans le premier cas à 21 % d'introduction.

Remarquons, d'ailleurs, qu'en admettant une perte de charge importante on diminue le diamètre de la conduite et, par suite, son poids et son prix de revient.

Pour l'établissement rationnel d'une conduite de vapeur, on aura donc à évaluer l'énergie perdue sous

(1) *Revue universelle des Mines*, tome XV, 3^e série.

forme de vapeur condensée et sous forme de frottement en conservant le diamètre intérieur comme inconnue. Si cela est possible, on estimera la valeur annuelle en francs de ces deux pertes et on comparera cette valeur à l'intérêt et à l'amortissement du prix de la conduite. La valeur de D qui donnera le minimum pour la somme de ces trois pertes sera celle qu'il conviendra d'adopter.

La plupart du temps dans les installations minières on dispose de chaudières à pression relativement faible. Dans ces conditions, on ne peut guère consentir à des pertes de charge considérables ; la vapeur arriverait au fond à une pression telle que le fonctionnement de la machine ne serait plus économique et on perdrait, de ce fait, le bénéfice réalisé dans l'installation de la conduite.

On voit combien est complexe ce problème, en apparence si simple, des conduites de vapeur. Mais la conclusion qui s'impose, c'est que l'on doit, autant que possible, avoir des chaudières à timbre élevé permettant d'admettre une perte de charge assez importante dans la conduite de vapeur, sans pour cela empêcher d'utiliser les grandes détentes pour les machines du fond.

La condensation dans les machines à vapeur souterraines.

Presque toutes les machines à vapeur souterraines d'épuisement fonctionnent à condensation, et l'eau qui sert à la condensation est précisément l'eau à épuiser.

La pompe à air est généralement une pompe nourricière qui refoule l'eau dans un bassin où elle est reprise par les pompes d'épuisement. Mais la condensation ainsi employée ne procure pas toujours les mêmes avantages ; le bénéfice que l'on peut retirer de

la condensation dépend de la profondeur à laquelle se fait l'épuisement. Supposons en effet deux machines destinées à épuiser un même volume V d'eau, l'une à la profondeur H , l'autre à une profondeur plus grande, $2 H$ par exemple. La deuxième pompe devra avoir une machine motrice deux fois plus puissante que la première et, par suite, consommera environ deux fois plus de vapeur. Or, dans les deux cas, la quantité d'eau V dont on dispose pour la condensation est la même; par suite l'eau de condensation sortira du condenseur plus chaude dans le second cas que dans le premier et le vide sera moins parfait.

M. Compère a effectué au Creusot sur une machine Corliss une série très complète d'essais ayant pour objet de déterminer les variations du poids d'eau injecté au condenseur et de la consommation de vapeur pour différentes températures de condensation. La température de l'eau de condensation était voisine de 10° à son entrée au condenseur. Les résultats des essais ont été les suivants :

PRESSION au condenseur en centimètres de mercure	TEMPÉRATURE de l'eau rejetée du condenseur	CONSOMMATION de vapeur par cheval-heure indiqué	CONSOMMATION d'eau d'injection par cheval-heure indiqué	CONSOMMATION d'eau par kilo de vapeur consommé
6,4	20°2	7 374	381	51,67
7,9	30 8	7 805	196	25,01
10 »	39 4	8 009	140	17,46
15,7	53 23	8 622	100,62	11,67
32,5	73 2	9 504	74,84	7,82

Dans toutes les expériences l'allure de la machine était maintenue à 55 tours environ et la puissance oscillait entre 120 et 130 chevaux.

La température de l'eau épuisée s'élève d'ailleurs à mesure que la profondeur augmente par suite de l'élévation de température des couches. Le *degré géothermique*, c'est-à-dire l'approfondissement qui correspond à une élévation de température de 1° centigrade, est égal à environ 33 mètres. La différence de température entre deux niveaux H et H' sera donc $\frac{H - H'}{33}$. Cette quantité peut acquérir une importance assez notable au point de vue du fonctionnement des condenseurs.

Dans la machine d'épuisement de Bockwa (Silésie), l'eau qui est d'abord aspirée dans le puisard pour servir à la condensation est restituée à ce même puisard mais dans un compartiment séparé de celui qui reçoit les venues d'eau de la mine où aspirent les pompes à air. De cette façon, les pompes à air aspirent toujours l'eau fraîche, seules les pompes d'exhaure épuisent de l'eau chaude.

L'élévation de la température de l'eau épuisée par les pompes a toujours pour effet de déterminer la production de vapeur d'eau fort nuisible au bon fonctionnement des soupapes d'aspiration des pompes.

Au siège Léopold 1^{er} des charbonnages de La Louvière est installée une pompe souterraine à vapeur qui refoule 40 mètres cubes d'eau à l'heure à une hauteur de 576 mètres. Toute l'eau épuisée est employée à la condensation. La température dans le puisard est de 30 à 33°. A la sortie du condenseur, elle atteint 47 à 52°.

En dehors de son influence sur le fonctionnement du condenseur et des soupapes, l'élévation de température de l'eau a une autre influence non moins fâcheuse pour les organes de la pompe et pour la conduite d'exhaure : l'eau qui sort de la pompe à air, à une température

relativement élevée, se refroidit dans la pompe et dans la conduite de refoulement. Il résulte de ce refroidissement la précipitation d'une certaine quantité de sels qui étaient en dissolution dans l'eau et qui viennent former des dépôts dans la pompe et dans la conduite d'exhaure.

M. Deschamps a déterminé par un calcul très simple la profondeur au-delà de laquelle la condensation ne s'effectue plus dans de bonnes conditions. En admettant une consommation de vapeur à la machine de 10 kilos par cheval-heure en eau-élevée et une température maxima de 50° pour l'eau sortant du condenseur, il a trouvé que cette profondeur est de 742^m,50.

Il résulte de là que pour des profondeurs atteignant ou dépassant 700 mètres, si l'on voulait encore employer des machines à vapeur souterraines, il faudrait renoncer à l'emploi de la condensation. Mais alors l'échappement à l'air libre devient une gêne considérable pour l'exploitation. On ne peut guère songer à conduire la vapeur d'échappement à la surface par une colonne de tuyaux de 700 mètres. D'un autre côté, si l'on lance cette vapeur dans le puits, celui-ci est rendu complètement inutilisable pour l'extraction. L'on m'a cité le cas d'une mine où, pour des raisons majeures, on a dû faire marcher pendant quelques jours à échappement libre des pompes souterraines dont la vapeur d'échappement était lancée dans les travaux. Il est résulté de ce fait une élévation de température telle que pendant une année entière la température de la mine a conservé une valeur supérieure à sa valeur normale.

Chambres souterraines des machines à vapeur.

Les machines d'épuisement souterraines à commande immédiate par la vapeur ont l'inconvénient de nécessiter

siter de grandes chambres souterraines. L'appareillage du fond se compose en effet de 3 organes principaux placés en tandem :

- 1° La pompe ;
- 2° Le moteur ;
- 3° Le condenseur.

Pour avoir des machines à fonctionnement économique et régulier, on emploie généralement des machines compound; celles-ci peuvent être compound en tandem ou avec réservoir intermédiaire et cylindres parallèles. Les premières nécessitent plus de place en longueur; les dernières s'étendent davantage en largeur. Il n'y a généralement pas d'inconvénient à allonger la chambre des machines, c'est simplement une question de prix de premier établissement, mais il peut résulter des désordres graves de l'installation d'une salle de machines souterraines trop large. Les couches exercent en effet dans certains cas une poussée considérable qu'il est difficile d'arrêter dans une galerie trop large. Il suffit d'avoir visité une mine pour se rendre compte des efforts énormes exercés par les couches sur les boisages des galeries, et on conçoit facilement que ces efforts ne puissent être enrayés dans une salle de machines de grandes dimensions.

M. Gerdau cite une pompe souterraine à vapeur, installée à la mine Hansa à Huckarde, près de Dortmund, qui a eu particulièrement à souffrir des poussées des terres. Cette pompe, qui est actionnée par une machine compound à cylindres parallèles, a dû être complètement enlevée de ses fondations et remontée à nouveau.

Dans ce genre d'installations, il y aura donc lieu autant que possible de choisir des machines *compound-tandem* qui se placent dans des galeries relativement

étroites et par suite aussi peu éprouvées que possible par les poussées. Cependant, on construit en Allemagne des pompes souterraines actionnées par des machines à triple expansion ; mais, comme le fait remarquer M. Gerdau, de pareilles installations qui constituent un danger constant ne doivent être adoptées que dans des cas très particuliers et à des profondeurs peu considérables.

C'est le cas d'une grosse machine construite par la maison Haniel et Luege de Düsseldorf, machine qui doit épuiser 30 mètres cubes par minute à la profondeur de 120 mètres.

Les chambres souterraines renfermant des machines à vapeur présentent un autre inconvénient : la vapeur élève d'une façon considérable la température de la chambre des machines au point de rendre difficile le travail de surveillance ; les ouvriers soumis à une température élevée que la ventilation est impuissante à abaisser suffisamment ne peuvent fournir un travail et une surveillance soutenus ; il en résulte une diminution de sécurité pour l'installation.

A Hôutrop, près de Bochum, on a installé successivement côte à côte deux machines d'épuisement de la même puissance, l'une à vapeur, l'autre électrique. Lorsque la machine électrique fonctionne seule, l'atmosphère est sèche et sa température ne dépasse guère 20°. Lorsque la machine à vapeur fonctionne, l'air se sature d'humidité et la température s'élève à 40°.

Cette influence fâcheuse de l'élévation de température se fait d'ailleurs sentir aussi dans le puits où règnent les conduites de vapeur. Celles-ci entretiennent une chaleur humide qui développe très rapidement des moisissures dans les boisages et oblige à remplacer les bois plus souvent que dans un puits ordinaire.

Il résulte de là un supplément de frais d'entretien qu'il y a lieu de faire entrer en ligne de compte dans l'évaluation des frais d'installation d'une pompe à vapeur.

Position de la chambre souterraine.

On a reproché très souvent aux pompes à vapeur souterraines de ne pouvoir fonctionner lorsque la mine est noyée. Ce reproche est évidemment fondé si la machine est installée au niveau des eaux à épuiser. Encore bien souvent les mines disposent-elles de vastes réservoirs destinés à amasser les eaux provenant des crues subites. Dans tous les cas, on peut placer la pompe à un étage un peu supérieur à celui de l'épuisement et amener l'eau au bac d'aspiration de la machine au moyen d'une pompe auxiliaire.

Il résulte de là, il est vrai, une certaine complication de l'installation dont le bon fonctionnement dépend alors de deux appareils ; mais la pompe auxiliaire a l'avantage de permettre l'approfondissement du puits sans toucher à la machinerie principale. C'est ainsi qu'au charbonnage d'Arsimont on a installé, au niveau 260, deux pompes souterraines à vapeur, lesquelles actionnent deux pompes Rittinger, capables de pousser l'épuisement jusqu'à 350 mètres. J'ajouterai que dans beaucoup d'installations les pompes à vapeur sont venues doubler des pompes à maîtresse-tige, lesquelles pourraient être employées dans le cas d'une venue d'eau empêchant le fonctionnement de la pompe à vapeur.

Un autre reproche que l'on peut faire aux pompes à vapeur est celui de constituer un centre d'énergie unique dont il est impossible de distraire la moindre parcelle pour assurer le fonctionnement à quelque distance d'autres appareils nécessaires à l'exploitation, tels que ventilateurs, treuils de plans inclinés, etc. La

marche de ces appareils nécessite un autre mode de transport de force qui est généralement l'air comprimé, et depuis quelque temps l'électricité.

Consommation des pompes souterraines à vapeur.

Dans l'évaluation de la consommation des pompes souterraines à vapeur, il faut tenir compte non seulement de la consommation propre de la machine, mais aussi de la perte par condensation dans la conduite.

On hésite, généralement, à placer dans les chambres souterraines des machines munies des derniers perfectionnements, telles que les machines à quatre distributeurs (machines Corliss, machines à soupapes à déclic), parce que la surveillance et l'entretien des organes délicats de ces machines est difficile dans les chambres souterraines. L'emploi des machines à expansion multiple est aussi difficile en raison des dimensions considérables que prennent les machines, dimensions qui conduisent à des chambres souterraines vastes et, par suite, sujettes aux inconvénients que j'ai signalés plus haut. Il s'en suit que les machines à vapeur à fond de fosse sont généralement simples et robustes, mais ne réalisent pas la marche la plus économique. De plus, la perte de charge nécessaire dans le puits conduit à utiliser dans les machines du fond une pression de vapeur notablement moindre que celle de la vapeur sortant des chaudières. Enfin, malgré l'emploi des meilleurs séparateurs d'eau, la vapeur qui arrive aux cylindres est toujours humide, condition défavorable au bon fonctionnement du moteur.

Les surchauffeurs seront de bien peu d'utilité car, malgré des surchauffes très élevées, obtenues au jour, la vapeur ne tardera pas à se saturer et l'on ne profitera pas de l'avantage principal des surchauffeurs qui

est d'éviter les condensations initiales à l'arrivée de la vapeur aux cylindres.

En fait, les machines souterraines compound fonctionnant dans les meilleures conditions, consomment 10 k. 9 de vapeur par cheval-heure en eau élevée, ce chiffre tenant compte des condensations pendant la marche dans une conduite de longueur moyenne (350 à 400 mètres) bien établie.

Mais la prévoyance la plus élémentaire oblige à construire les pompes pour un débit bien plus grand que le débit normal, de façon à pouvoir parer aux grandes venues d'eau qui se produisent accidentellement. Par suite, en temps normal, il suffit, pour assurer l'épuisement de la mine, de faire fonctionner les pompes pendant 12 heures sur 24 et quelquefois même pendant six heures seulement. Cette circonstance accroît considérablement la consommation moyenne de vapeur par cheval-heure en eau élevée. Les conduites de vapeur doivent, en effet, rester constamment en communication avec les chaudières pour éviter les dilatations et contractions successives de la conduite qui ne manqueraient pas de disloquer celle-ci et de détruire ses joints. De plus, si les conduites étaient froides à la mise en marche, il se produirait des condensations considérables capables d'occasionner des accidents. Or, nous avons vu que la quantité de vapeur condensée par unité de temps ne dépend pas de la vitesse de circulation de la vapeur dans la conduite, mais seulement de la différence des températures et de la surface de refroidissement. Par suite, au repos, la quantité de vapeur condensée sera la même que pendant la marche de la machine. C'est ainsi qu'une machine qui, pour une marche ininterrompue consomme 10 k. 900 de vapeur par cheval-heure-eau-élevée, peut arriver à consommer 12 k. 75 pour une marche de 12 heures et 16 k. 500 pour une marche de 6 heures.

Prenons par exemple une conduite de 0^m,280 de diamètre et de 600 mètres de longueur alimentant le moteur d'une pompe chargée d'élever 3 mètres cubes par minute à 500 mètres. La puissance de la pompe

est $\frac{3.000 \times 500}{60 \times 75} = 333$ chevaux utiles. Admettons

que la consommation de vapeur, abstraction faite de la condensation, soit de 9 kilos par cheval utile. Supposons de plus que la quantité de vapeur condensée par mètre carré de conduite et par heure soit de 1 k. 200 (ce qui suppose un très bon isolement de la conduite). La quantité de vapeur condensée en 24 heures par la conduite entière est :

$$M = 3,14 \times 0,280 \times 600 \times 1,2 \times 24 = 15.000 \text{ k.}$$

Si la pompe fonctionne 24 heures, elle développe pendant ce temps 8.000 chevaux-heure et la consommation totale est : $8.000 \times 9 + 15.000 = 87.000$, soit par cheval utile : $\frac{87.000}{8.000} = 10^k,900$.

Pour une marche totale de 12 heures sur 24, la consommation devient : $\frac{4.000 \times 9 + 15.000}{4.000} = 12^k,75$,

et pour une marche de 6 heures sur 24 heures : $\frac{2.000 \times 9 + 15.000}{2.000} = 16^k,500$.

Les différences seraient encore plus sensibles si l'on avait affaire à une conduite mal isolée condensant 2 kilos ou 2^k,500 de vapeur par mètre carré et par heure. Il résulte de là que pour les grandes profondeurs et pour les pompes marchant d'une façon intermittente la consommation de vapeur atteint un chiffre élevé qui, dans certains cas, peut dépasser le double de la consommation propre de la machine.

Description d'une machine d'épuisement souterraine à vapeur.

Je donnerai comme exemple de machine d'épuisement souterraine à vapeur celle qui a été installée, en 1888, par la Compagnie des chemins de fer de Madrid, Saragosse et Alicante, aux Mines de la Réunion, Espagne (Biétrix, Leflaive et C^{ie}, constructeurs à Saint-Etienne).

Cette machine est loin de figurer parmi les plus puissantes installations de ce genre; mais, en raison même de la profondeur relativement faible de l'épuisement, elle se trouve dans les conditions où l'emploi de la vapeur à fond de fosse peut présenter quelques avantages.

Les conditions à remplir étaient les suivantes : Epuiser à la profondeur de 210 mètres un volume de 200 mètres cubes d'eau par heure au moyen d'une machine d'épuisement comportant deux pompes identiques susceptibles de donner chacune la moitié du débit en question. La machine d'épuisement doit donc être capable d'un débit de 3^m,3 par minute.

Le problème a été résolu au moyen de l'installation représentée PL. XXI.

Deux machines à vapeur compound-tandem actionnent chacune deux pompes à simple effet assemblées deux à deux avec plongeur commun. Le plongeur de chacun des groupes de pompes est attelé directement sur le prolongement de la tige du grand piston vapeur. Les deux pompes à simple effet d'un même groupe se comportent donc en réalité comme une pompe unique à double effet. Les condenseurs à mélange sont placés, par rapport aux cylindres, du côté opposé aux pompes et actionnés par des tiges fixées aux glisseurs des tiges des pistons.

Les machines à vapeur sont du système Biétrix, à

distributeur rotatif conique. Un distributeur unique assure la distribution de la vapeur pour les deux cylindres de chaque machine tandem. Ce distributeur est aussi simple et aussi robuste que possible; il ne présente aucun organe fragile et peut fonctionner, pendant un temps pour ainsi dire illimité, sans surveillance.

Les dimensions principales de chacune des machines sont les suivantes :

Diamètre des petits cylindres.....	450 m/m
Diamètre des grands cylindres.....	750 m/m
Course commune.....	750 m/m
Vitesse.....	4½ tours.
Diamètre des pompes à air.....	220 m/m
Diamètre des pompes alimentaires du réservoir d'air.....	45 m/m
Diamètre des plongeurs des pompes d'exhaure.....	190 m/m
Pression maxima aux chaudières.....	4,5 atmosphères.

Le réservoir d'air est commun aux deux machines, mais l'une quelconque de ces dernières peut être isolée du réservoir au moyen d'une vanne d'arrêt placée sur le refoulement des pompes. Le régulateur est également commun aux deux machines; il est disposé pour agir sur la détente et sur une soupape à déclenchement interrompant la vapeur en cas de rupture dans les pompes ou dans la colonne de refoulement.

Avant son arrivée aux cylindres, la vapeur passe dans un récipient de purge pourvu d'un purgeur automatique et chargé de débarrasser la vapeur de l'eau qu'elle contient. Un robinet général de prise de vapeur commande l'entrée de ce purgeur; deux autres robinets permettent d'isoler à volonté l'une quelconque des machines.

Le volant placé entre les deux machines a un diamètre de 4 mètres et un poids de 13.000 kilos.

Pompes. — Les pompes sont montées sur des bâtis indépendants de ceux des machines à vapeur, mais reliés à ces derniers au moyen de tirants rigides formant entretoises.

Les chapelles d'aspiration, au nombre de 4 (deux pour chaque pompe), sont placées latéralement et sont reliées à une conduite d'aspiration unique ; deux vannes permettent de fermer l'aspiration de l'une quelconque des pompes.

Les chapelles de refoulement, au nombre de 4 également, sont placées au-dessus des corps de pompe ; elles sont reliées au réservoir d'air commun au moyen de 4 tuyaux coudés, avec interposition de deux vannes d'arrêt.

Les soupapes d'aspiration, aussi bien que celles de refoulement, sont à clapets étagés avec garnitures en cuir, à faible levée, permettant d'obtenir un rendement volumétrique élevé.

Le réservoir d'air est alimenté au moyen de deux petites pompes placées sur le côté des pompes d'exhaure et actionnées par les tiges de ces dernières au moyen d'une crosse d'attelage.

Colonne de refoulement et d'aspiration. — La conduite d'aspiration comporte une longueur de 10 mètres de tuyaux droits en fonte ayant un diamètre intérieur de 280 millimètres et terminés par une crépine en chaudronnerie. La conduite de refoulement est constituée par des tuyaux en fonte de 3 mètres de long et d'épaisseur variable répartis de la manière suivante :

25 tuyaux droits de 25^{mm} d'épaisseur, diamètre intérieur 225^{mm} ;

23 tuyaux droits de 20^{mm} d'épaisseur, diamètre intérieur 225^{mm};

23 tuyaux droits de 16^{mm} d'épaisseur, diamètre intérieur 225^{mm},

auxquels il faut ajouter un coude avec patte d'assise au bas, 2 tuyaux droits avec pattes d'assise supportant la colonne en 2 points intermédiaires, 2 tuyaux compensateurs femelles, avec presse-étoupes, 2 tuyaux compensateurs mâles. Les joints entre les tuyaux sont faits au moyen de rondelles de caoutchouc.

L'ensemble de la colonne est supporté par 3 sommiers en tôle et cornières.

Un robinet à 3 voies permet la vidange de la colonne et le remplissage du réservoir d'amorçage.

Conduite de vapeur. — La conduite de vapeur est constituée par 50 tuyaux en fer soudé à recouvrement avec brides en fer vissées et brasées. Les tuyaux ont un diamètre intérieur de 190^{mm} et une épaisseur de 7^{mm}. Elle comporte en outre un coude avec patte d'assise supportant la colonne à la partie inférieure et 2 tuyaux droits avec pattes d'assise et compensateurs. Le constructeur a indiqué que la perte de charge dans la conduite serait de 0,75 atmosphères.

DIMENSIONS PRINCIPALES ET RÉSULTATS D'ESSAIS
DE QUELQUES MACHINES D'ÉPUISEMENT SOUTERRAINES
A VAPEUR

I. — Pompe du siège Léopold I^{er} aux charbonnages
de la Louvière (1).

Hauteur totale d'épuisement.....	576 ^m
Quantité d'eau épuisée.....	40 ^{m³} à l'heure

(1) *Revue universelle des Mines*, tome XV, 3^e série.

Dimensions de la chambre souterraine :

Longueur.....	15 ^m
Largeur.....	4 ^m
Hauteur.....	4 ^m ,25

Machine motrice à détente Meyer variable à la main :

Diamètre du cylindre.....	0,75
Course du piston.....	0,800
Pression initiale de la vapeur...	2,5 à 3,75 atm.
Diamètre de la pompe à air....	0,260

Pompes à pistons plongeurs :

Diamètre des plongeurs.....	0,110
Course des plongeurs.....	0,800

Conduite de refoulement :

Longueur totale.....	610 ^m
Diamètre intérieur.....	150 ^m / _m
Epaisseur.....	de 32 à 12 ^m / _m

Conduite de vapeur :

Diamètre intérieur.....	195 ^m / _m
Epaisseur.....	12 ^m / _m

Résumé des expériences inscrites au procès-verbal de réception.

N° d'expérience.....	1	2	3	4	5
Température de l'eau au puisard.	33°	35°	29°	29°	29°
Température à la sortie du condenseur.....	47 à 49°	50 à 52°	47 à 48°	48°	49°
Nombre de tours de la machine.....	48	44	52	56	68
Débit théorique par heure	43°377	40,12	47,44	51,07	62,91
Débit réel par heure....	39,08	35,65	43,17	48,51	59,55
Rendement volumétrique des pompes %.....	89,3	89	91	95	96
Travail en eau élevée chx	83,40	76	91,24	103,48	127,21
Travail indiqué.	117,5	109	126,99	134,28	167,24
Rendement.....	0,71	0,70	0,718	0,77	0,76

Le tableau d'essais précédent ne donne pas les chiffres de consommation de vapeur qui doivent être assez élevés avec une machine à cylindre unique fonctionnant à une pression aussi basse.

Cette installation, qui a été étudiée par la maison Beer de Jemeppe, présente comme particularités intéressantes, un accumulateur régulateur de pression du système décrit plus haut, une soupape de retenue de l'eau de refoulement devant fonctionner en cas de rupture de l'un des organes de la machine, une soupape de retenue automatique de la vapeur destinée à arrêter l'écoulement de la vapeur en cas de rupture d'un tuyau de vapeur.

II. — Machines d'épuisement souterraines du charbonnage d'Arsimont à Anvelais (1).

L'installation comprend deux machines absolument identiques, compound et à condensation, placées au niveau 260^m.

Dimensions de la chambre souterraine :

Longueur.....	31 mètres.
Largeur.....	6
Hauteur.....	4,20

Machine à vapeur :

Diamètre du petit cylindre.....	0,600
Diamètre du grand cylindre.....	1,000
Course des pistons.....	0,800
Longueur du réservoir intermédiaire	2,150
Diamètre du réservoir intermédiaire	0,400
Diamètre du volant.....	3,500
Diamètre du piston de la pompe à air	0,500
Course du piston de la pompe à air..	0,320

(1) *Revue universelle des Mines*, 1891, 3^e trimestre.

Pompes :

Hauteur de refoulement	250
Diamètre des plongeurs (4 par machine)	0,180
Diamètre des tiges	0,085
Course des plongeurs	0,800

Conduite de vapeur :

Diamètre intérieur	0,200
Epaisseur	0,014 (3 joints de dilatation)

Conduite de refoulement :

Diamètres de la conduite ...	0,280 ; 0,290 ; 0,300
Epaisseurs	0,030 ; 0,025 ; 0,020
Vitesse de l'eau	0,260 (30 tours)

Résultats d'essais obtenus à la vitesse normale de 30 tours.

Volume d'eau obtenu au jour en 24 heures pour une vitesse de 30 tours des 2 machines

5.318^{m³}

Rendement volumétrique des pompes 97,5 %.

Consommation totale de vapeur aux chaudières par heure et par cheval-utile en eau élevée

16^{k2}

Condensation par heure y compris les purgeurs

450 litres.

soit 12 %.

Pression de la vapeur aux chaudières 5 atmosph.

Degré de vide au condenseur

760^{mm} de mercure.

Les condenseurs des pompes sont alimentés en charge par une pompe Rittinger qui aspire à 17 mètres de profondeur et dont les organes sont prévus pour une aspiration future à 90 mètres.

La conduite de vapeur est protégée par une enve-

loppe calorifuge formée de tresses de corde en aloès enfermées dans un enduit plastique, lui-même recouvert d'une enveloppe métallique.

L'eau, avant d'arriver aux condenseurs, passe dans un réservoir épurateur qui la dépouille de la plus grande partie de ses impuretés.

L'installation a été étudiée et exécutée par les ateliers de la Meuse, à Liège.

III. — Machine d'épuisement de la mine Piesberg (Marienhutte).

L'ensemble de l'épuisement comporte deux machines compound-tandem actionnant directement les pompes à plongeurs et les pompes à air.

Données relatives à une machine :

Volume à épuiser par minute.....	6 ^{m³}
Hauteur d'épuisement.....	180 mètres.

Machine à vapeur :

Diamètre du cylindre à haute pression.	0,560
Diamètre du cylindre à basse pression.	0,920
Course des pistons.....	0,900

Pompes :

Diamètre des plongeurs.....	0,275
Course.....	0,900
Diamètre des pistons des pompes à air.	0,180
Nombre de tours par minute.....	60

Le cylindre à haute pression est à détente Meyer variable à la main, la distribution du cylindre à basse pression est faite par un tiroir piston.

Résultats des essais effectués sur une machine.

Consommation de vapeur par heure	2.409 ^k ,7
Puissance développée	303, 9 chevaux indiqués

Eau épuisée par minute à 180 ^m y compris les frottements dans la conduite.....	6,05 ^{m³}
Puissance des pompes en eau élevée.	264,2 chevaux.
Pression initiale de la vapeur à la machine.....	6,8 atmosph.
Consommation de vapeur :	
Par cheval indiqué.....	7 ^k ,92
Par cheval eau élevée.....	9 ^k ,11

La très faible consommation de vapeur de cette machine résulte de ce que la profondeur étant faible, les condensations dans la conduite sont relativement peu importantes. D'autre part, la condensation se fait dans de très bonnes conditions en raison de la grande quantité d'eau dont on dispose.

IV. — Machine d'épuisement du puits du Prince Impérial à la mine Giesche (Silésie) (1).

La machine d'épuisement comporte deux machines à vapeur compound-tandem actionnant des pompes à pistons différentiels.

Diamètre du cylindre à haute pression.....	650 ^{mm}
Diamètre du cylindre à basse pression.....	940
Diamètre des petits pistons plongeurs... .	200
Diamètre des grands pistons plongeurs....	285
Course commune.....	1.000
Nombre de tours par minute.....	50
Hauteur totale d'épuisement.....	335 ^m
Volume d'eau épuisé par minute.....	6 ^{m³}
Pression de vapeur.....	6 at.
Diamètre de la pompe à air à double effet..	370
Course de la pompe à air à double effet....	1.000

(1) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, 9 septembre 1899.

Résultats d'essais. — Les essais ont été faits à la vitesse de 60 tours par minute en maintenant constante l'introduction à 40 % aux cylindres à haute pression, la vitesse étant réglée par la valve d'admission. La hauteur totale d'épuisement était de 332 mètres.

Rendement admis pour les pompes.....	0,94
Eau épuisée par minute.....	7,2 ^{m3}
Puissance correspondante en eau élevée	536 chevaux
Puissance indiquée par les diagrammes :	
Machine de gauche.....	314 chevaux
Machine de droite.....	320 chevaux
Rendement total de l'installation.....	84,5 %

Les soupapes sont à mouvement conduit du système Riedler. Les sièges sont en bronze phosphoreux. Les corps de pompe sont de la forme dite Farcot. Avec cette forme, la vitesse de l'eau est aussi uniforme que possible dans les différentes sections, malgré les changements de vitesse du piston. De plus, le dégagement de l'air est favorisé par cette disposition.

V. — Machines d'épuisement du district de Bockwa (1).

Le problème à résoudre pour cette installation était le suivant : épuiser en temps normal 3 mètres cubes d'eau par minute à une profondeur de 180 mètres, le débit pouvant au besoin atteindre 15 et même 20 mètres cubes. La solution a été obtenue par l'emploi de deux machines souterraines telles que l'une d'elles, marchant à la vitesse de 50 tours par minute, peut suffire pour l'épuisement normal en fonctionnant 12 heures par jour. Au moment des grandes venues d'eau les deux machines d'épuisement fonctionnent et la vitesse est

(1) Zeitschrift des Vereins deutscher ingenieure, 6 avril 1895.

portée à 80 et même 100 tours par minute. Ces grandes vitesses de pompes sont obtenues grâce à l'emploi des soupapes à mouvement conduit du professeur Riedler, qui est d'ailleurs l'auteur du projet d'épuisement de Bockwa.

Les données principales de chacune des machines d'épuisement sont les suivantes :

Machine à vapeur compound à condensation, détente Meyer variable à la main.....	{	Diamètre du petit cylindre..	0,750
		— du grand cylindre.	1,100
		Course.....	1.000
Pompes différentielles..	{	Diamètre des petits pistons..	0,200
		— grands pistons.	0,290
		Course.....	1,000
Pression normale de la vapeur aux chaudières			6 atm.
Conduite de vapeur en fer forgé, diamètre intérieur..			100 ^{mm}
Conduite d'exhaure en fonte, diamètre intérieur....			250

Résultats des essais effectués en 1893.

Durée de l'essai.....	5 heures.
Vitesse de la machine.....	60,67 tours.
Quantité d'eau d'alimentation aux chaudières	14.105 kilogrammes.

Quantité d'eau condensée mesurée :

1° Dans la conduite au jour.....	100,2
2° Au passage de la conduite verticale à la conduite horizontale du puits.....	193,2
3° Au séparateur principal de la machine n° II (1).....	380

(1) La machine n° II soumise aux essais était desservie par une conduite de vapeur et une conduite d'exhaure spéciales ; la deuxième conduite de vapeur était remplie jusqu'à la soupape de mise en train.

4° Depuis le séparateur principal jusqu'à la soupape de mise en train de la machine n° II.....	331,2
5° Au séparateur principal de la machine n° I.....	240
6° Depuis le séparateur principal jusqu'à la soupape de mise en train de la machine n° I.....	124,8
Hauteur moyenne d'aspiration.....	3 mètres.
Hauteur de refoulement (y compris la résistance de la conduite).....	190
Hauteur statique de refoulement....	177,50
Pression moyenne de la vapeur aux chaudières.....	7,82 atmosphères
Pression moyenne dans les boîtes à tiroirs.....	6,91 d°
Perte de pression dans la conduite....	0,91 d°
Vide moyen au condenseur.....	0,91
Volume théorique épuisé par les pompes par tour.....	113,38
Puissance moyenne indiquée par les diagrammes.....	354,4 chevaux.
Volume épuisé en tenant compte d'un rendement volumétrique de 0,97; par seconde.....	111 litres.
Travail utile $111 \times 177,5 \times 1/75$	262 chevaux.
Rendement total.....	0,74
Consommation nette de vapeur par cheval indiqué.....	7 ^k ,3
Consommation nette de vapeur par cheval utile, en tenant compte de toutes les condensations depuis les chaudières.....	10,8

Dans la machine d'épuisement précédente on s'est attaché d'une façon toute spéciale à éviter l'arrivée d'eau entraînée par la vapeur dans les cylindres. A cet effet la vapeur traverse deux séparateurs d'eau puis se rend au collecteur de vapeur, lequel est placé au-dessus des cylindres. Ce collecteur est à double paroi. La vapeur vive pénètre d'un côté, réchauffe le collecteur, et en même temps se débarrasse de l'eau qui peut encore lui rester. Les tuyaux de prise de vapeur des cylindres à haute et à basse pression sont à l'intérieur de l'espace rempli par la vapeur à haute pression et à la partie supérieure du collecteur.

La machine d'épuisement souterraine à vapeur la plus importante que je puisse citer est celle qui a été construite par la maison Ehrardt et Sehmer, de Saarbrück, pour un charbonnage des environs de Dortmund. La machine à vapeur est à triple expansion. Les données principales rappelées par M. Tomson dans la *Revue universelle des Mines* sont les suivantes :

Diamètre du cylindre à haute pression	850 ^{mm}
Diamètre du cylindre à moyenne pression.....	1.350 ^{mm}
Diamètre des deux cylindres à basse pression.....	1.420 ^{mm}
Diamètre des 4 plongeurs des pompes.	270 ^{mm}
Course commune.....	1.300 ^{mm}
Nombre de tours par minute.....	60
Volume d'eau épuisé par minute.....	17 m ³
Hauteur totale d'élévation.....	400 mètres
Pression de la vapeur aux chaudières....	12 atmosphères.
Consommation de vapeur garantie par cheval indiqué.....	5 ^h , 4

Consommation de vapeur par cheval effectif en eau élevée non compris les conden- sations dans la conduite.....	7 ^k , 1
Consommation totale garantie, y compris les condensations, par cheval effectif en eau élevée.....	7 ^k , 45
Puissance utile de la pompe.....	1512 chevaux.

Le chiffre de consommation de 7^k,45 s'applique évidemment au cas d'une marche ininterrompue ; on conçoit que la faible valeur de cette consommation ait pu faire accepter la machine à triple expansion ; mais on se représente assez mal cette immense machine de près de 1.800 chevaux placée dans une chambre souterraine à 400 mètres de profondeur.

A l'Exposition de Dusseldorf (1902), on pourra voir une machine d'épuisement à vapeur établie pour un débit de 28 mètres cubes par minute.

TROISIÈME PARTIE

Machines d'épuisement à transmission hydraulique

Les machines d'épuisement à colonne d'eau sont de beaucoup les plus anciennes et la tendance actuelle vers la suppression complète des conduites de vapeur en sous-sol en a rapidement activé le développement. Toutefois, on n'est pas arrivé du premier coup aux machines perfectionnées que l'on installe à présent et qui utilisent des pressions d'eau motrice de 200 à 300 atmosphères par centimètre carré.

L'un des précurseurs des machines récentes dont je parlerai plus loin et qui sont aujourd'hui en si grande faveur, particulièrement en Allemagne, est la pompeuse Roux à colonne d'eau.

Il n'est pas rare, dans une exploitation, que l'on ait des venues d'eau à deux niveaux différents. Dans bien des cas, on laisse arriver au niveau inférieur les eaux du niveau supérieur, de façon à épuiser au même point toutes les venues d'eau de la mine, mais, de cette façon, on perd inutilement une somme d'énergie considérable, représentée par la chute de l'eau du niveau supérieur. Il devait tout naturellement venir à l'idée d'utiliser cette chute disponible et c'est de cette idée qu'est née la pompeuse Roux.

La pompeuse Roux se compose essentiellement de 3 corps de pompe dans lesquels se meuvent 3 pistons, le cylindre médian est le cylindre moteur, les deux autres sont les cylindres foulants. Le cylindre moteur est alimenté par l'eau sous pression. La distribution de l'eau motrice est effectuée par deux distributeurs cylindriques commandés l'un par l'autre. Une particularité

intéressante de la distribution Roux est que celle-ci n'est pas commandée par des organes mécaniques (tringles, taquets, etc.), mais par une transmission hydraulique. Les deux distributeurs sont mis alternativement en communication avec l'eau motrice par le piston moteur lui-même qui démasque des orifices ménagés à cet effet. Il résulte de cette disposition que la pompe ne présente, en dehors des soupapes, d'autres organes en mouvement que les pistons des 3 pompes et les deux tiroirs distributeurs. Cette disposition, que nous retrouverons dans la pompe Kaselowsky, supprime le graissage et facilite beaucoup l'entretien de la machine qui peut aisément fonctionner noyée.

Un certain nombre d'applications de la pompeuse Roux ont été faites en France. On peut citer la pompeuse du puits Lucy, des mines de Montceau, qui est décrite dans le compte rendu des séances de la Société de l'Industrie Minérale (20 mars 1881).

Cette machine a pour but d'élever au niveau 153 mètres, où se trouve une pompe d'épuisement à vapeur, l'eau qui s'est arrêtée au niveau 170^m,45. A cet effet, une partie de l'eau de la colonne de refoulement de la pompeuse à vapeur est employée pour actionner la pompeuse hydraulique Roux. Le rendement volumétrique des pompes est de 86 % et le rendement dynamique de l'appareil atteint 0,634.

Les Houillères du Creusot ont installé au puits Saint-Pierre une pompeuse Roux destinée à utiliser la chute de l'eau venant du puits Saint-Paul (266^m,52) et qui se rend à la pompe du puits Saint-Pierre (351^m,70). Les pompes ont un rendement volumétrique de 0,82 ; le rendement dynamique, en eau élevée, est de 0,656.

Une application du même genre a été faite par la maison Haniel et Lueg, de Dusseldorf, pour la mine

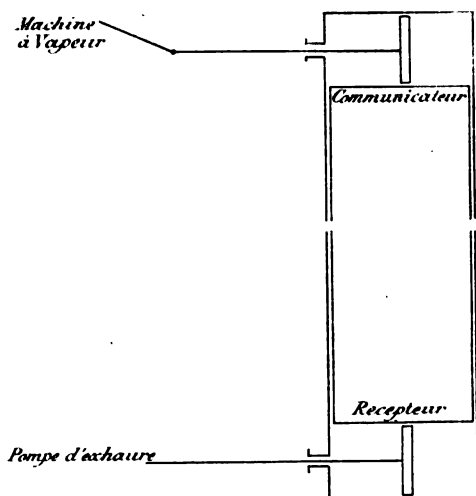
Hansa, à Huckarde, près de Dortmund. Dans cette mine, se trouve une installation d'épuisement qui doit élever l'eau de la profondeur de 706 mètres. De plus, on veut épuiser aussi économiquement que possible l'eau qui arrive au niveau 333 mètres. Le problème a été résolu de la façon suivante : la machine principale d'épuisement à vapeur a été placée au niveau 664 mètres ; elle est, par suite, à l'abri des inondations. L'eau du niveau 706 mètres est amenée au niveau 664 mètres par une pompe élévatoire actionnée par une colonne d'eau dont l'eau motrice est précisément celle du niveau 333 mètres. De plus, l'eau motrice en excès peut être amenée directement sous pression aux pompes à vapeur, de sorte que pour cette eau tout se passe comme si la hauteur d'élévation était $664 - 333 = 331$ mètres. Cette quantité d'eau est d'ailleurs très faible et en réalité on utilise guère cette dernière disposition.

Les machines à colonne d'eau dont je viens de parler ne sont en réalité que des machines accessoires destinées à compléter des installations de pompesuses à vapeur. Mais il existe depuis longtemps des machines d'épuisement à transmission hydraulique assurant à elles seules l'épuisement depuis le niveau le plus bas. Dans cet ordre d'idées, on peut citer les pompes imaginées par M. Moore dès l'année 1884 et installées depuis dans un certain nombre de mines. Le principe de ces pompes est le suivant :

Une machine à vapeur placée au jour actionne une pompe à double effet sans soupapes (communicateur) dont les deux extrémités sont reliées aux deux extrémités d'une deuxième pompe identique, également à double effet et sans soupapes, placée au fond (récepteur) (Fig. 9).

Le récepteur actionne directement les pompes de refoulement. On a donc en réalité une sorte de circuit formé par de l'eau à laquelle on imprime un mouvement d'oscillation. C'est en réalité une pompe pourvue de deux maitresses tiges liquides travaillant uniquement par compression. M. Moore a imaginé un certain nombre de dispositifs pour parer aux inconvénients des rentrées d'air. Les pompes Moore étant d'un usage peu fréquent, je ne décrirai pas ces dispositifs dont

Fig. 9



le principe est d'ailleurs rappelé dans la *Revue universelle des Mines* (1891, 3^e trimestre).

En pratique, le récepteur et le communicateur au lieu d'être des pompes à double effet, sont des pompes à double piston plongeur. La pression de l'eau motrice est de 60 à 65 atmosphères ; on a atteint avec ces pompes la profondeur de 300 mètres.

A Mauricewood, des essais effectués sur ces pompes ont donné, pour le rapport entre le travail en eau élevée et le travail indiqué à la machine à vapeur, le chiffre

de 66,26 %. Aux mines de Penland, ce rendement a été trouvé égal à 68 %.

De nombreux autres systèmes ont été imaginés pour utiliser l'eau sous pression à la commande des pompes ; il serait trop long de les décrire tous.

Cependant, je crois devoir entrer dans quelques détails au sujet de la pompe installée en 1883-84 par la Société des Charbonnages des Bouches-du-Rhône au puits L'huillier, à Fuveau. C'est la première installation importante de ce genre ayant fonctionné en France et, à ce titre, elle marque une étape dans l'histoire de l'épuisement des mines françaises. D'ailleurs, cette machine présente de nombreuses analogies avec les pompes récentes dont elle peut être considérée comme le précurseur.

L'installation exécutée par MM. Hathorn et Davey, de Leeds (Angleterre), a été décrite avec beaucoup de détails dans le Génie Civil (12 et 19 décembre 1885) par M. Eugène Biver.

La machine d'épuisement a été établie pour débiter 7^m3,700 d'eau par minute avec une hauteur totale d'épuisement de 93 mètres. L'installation comporte une machine à vapeur compound actionnant des pompes de pression qui amènent l'eau à 42 atmosphères dans un accumulateur. L'eau sous pression actionne au fond un moteur hydraulique attelé directement sur les pompes d'exhaure. Une colonne de retour d'eau permet d'utiliser constamment la même eau motrice ; il suffit d'ajouter la quantité d'eau qui correspond aux pertes par les fuites. L'adjonction de cette conduite de retour d'eau qui, *à priori*, semble être une complication, présente le grand avantage de permettre l'emploi d'eau bien épurée à laquelle on mélange des huiles spéciales ou de la vaseline pour diminuer les frottements et les pertes de charge qui en résultent, et en même temps pour lubrifier les organes en mouvement.

Les principales données de l'installation du puits L'huillier sont les suivantes :

INSTALLATION AU JOUR	Machine à vapeur.	Diamètre du cylindre à haute pression.....	0,762
		Diamètre du cylindre à basse pression.....	1,270
		Course des pistons.....	0,914
		Volume du réservoir intermédiaire	640 litres.
		Nombre de tours.....	27,5
	Pompes de pression.	Diamètre du volant.....	4,375
		Diamètre des plongeurs des pompes doubles	0,1905
		Course des plongeurs.....	0,914
		Nombre de courses doubles.....	27,5
		Vitesse des plongeurs par seconde	0,838
CONDUITES	Eau motrice.	Diamètre intérieur.....	0,178
		— extérieur.....	0,280
	Retour d'eau motrice.	Diamètre intérieur.....	0,2285
		— extérieur.....	0,280
	Conduite d'exhaure.	Diamètre intérieur.....	0,406
INSTALLATION AU FOND	Machine à colonne d'eau.	— extérieur.....	0,470
		Diamètre du piston moteur.....	0,273
		Course du piston moteur.....	1,829
	Pompes de refoulement	Nombre de coups par minute.....	6,4
		Diamètre du plongeur.....	0,463
		Course du plongeur.....	1,829
		Nombre de coups par minute.....	6,4
		Vitesse des pistons par seconde...	0,39

Résultats d'essais. — Dans les essais effectués le 29 août 1884, la consommation de vapeur a été trouvée égale à 13 kilos 76 par cheval en eau élevée. Mais cette quantité de vapeur consommée était évaluée d'après les diagrammes de la machine à vapeur. Ce mode d'évaluation ne tient compte ni des condensations sur les parois, ni des fuites, ni des espaces nuisibles. Je crois que ce n'est pas exagérer que d'évaluer à 25 ou 30 % la majoration qu'il y aurait lieu d'appliquer au chiffre précédent

pour avoir la consommation vraie de vapeur. On arrive ainsi à une consommation de vapeur de plus de 17 kilos par cheval en eau élevée.

L'installation des Charbonnages des Bouches-du-Rhône ne peut donc pas être citée comme une installation économique au point de vue du fonctionnement, puisque nous avons vu des machines d'épuisement à vapeur dont la consommation par cheval en eau élevée n'atteignait pas 10 kilos. La raison d'être de cette installation a été la nécessité de placer les machines du jour à une certaine distance du puits (ce que l'on ne peut faire avec une pompe à maîtresse tige), et de réduire au minimum l'encombrement dans le puits. En fait, les trois conduites et leurs colliers sont logés dans un triangle de 2^m,900 de base et 1^m,100 de hauteur. J'ajouterai que le chiffre relativement peu élevé de la pression motrice et la faible vitesse des pompes du fond ont conduit à des courses très grandes et, par suite, à des appareils très longs. Aussi la chambre souterraine a-t-elle une longueur de près de 18 mètres et une largeur de 6^m,500.

Le journal anglais « *L'Engineer* » a donné récemment la description sommaire d'une machine d'épuisement à transmission hydraulique à basse pression installée à Uddington.

La machine motrice est à triple expansion et marche à la vitesse de 50 tours par minute. Les cylindres ont respectivement 355, 580 et 960 millimètres de diamètre; la course commune est de 710^m/^m. La machine actionne directement 3 corps de pompe à pistons plongeurs ayant 152^m/^m de diamètre et 710^m/^m de course. La pression de l'eau motrice est de 50 kilos environ par centimètre carré. La conduite d'eau motrice a 152^m/^m

de diamètre intérieur, comme d'ailleurs la conduite de retour d'eau.

Au fond est installée une pompe à trois corps marchant à la vitesse de 25 tours par minute et refoulant l'eau dans une conduite d'exhaure de 202 millimètres de diamètre.

Le débit est de 2^m³,25 par minute; la hauteur d'élévation est de 256 mètres.

La quantité d'eau introduite dans la chaudière mesurée avant l'économiseur est de 8 kilos 900 par cheval indiqué. Dans un essai à demi-vitesse, on a trouvé 0,717 comme rapport entre les chevaux utiles (eau élevée) et les chevaux indiqués. La consommation par cheval utile est donc de 12 kilos 5 de vapeur environ par cheval utile.

Machines d'épuisement hydrauliques à haute pression.

Les machines d'épuisement à transmission hydraulique les plus récentes ont pour caractéristique l'emploi de l'eau sous des pressions très élevées. Ces pressions d'eau motrice varient effectivement entre 200 et 300 atmosphères, soit à peu près 200 à 300 kilos par centimètre carré.

L'ensemble d'une installation de ce genre se compose, en principe, des organes suivants :

- | | | |
|----------------|---|---|
| Au jour..... | { | 1° Moteur à vapeur actionnant les pompes de pression. |
| | | 2° Pompes de pression. |
| Dans le puits. | { | 1° Conduite d'eau motrice. |
| | | 2° Conduite de retour d'eau motrice. |
| | | 3° Conduite d'exhaure. |
| | | 4° Conduite d'air comprimé. |
| Au fond..... | { | 1° Moteurs hydrauliques. |
| | | 2° Pompes d'exhaure. |

L'installation comporte, en outre, un certain nombre d'appareils accessoires, tels que les accumulateurs placés au jour et au fond, un compresseur d'air, etc.

Le fonctionnement général d'une machine d'épuisement de ce système est le suivant :

Les machines à vapeur placées au jour actionnent directement les pompes à simple effet qui compriment l'eau à des pressions variables entre 200 et 300 atmosphères. Chaque tige de piston-vapeur actionne deux pompes à simple effet adossées. L'eau motrice est refoulée dans un accumulateur régulateur de pression, placé au jour, puis se rend au fond du puits aux distributeurs des moteurs. Ceux-ci actionnent les pistons des pompes d'exhaure. L'eau motrice est ramenée au jour, par la conduite de retour, dans la bêche où aspirent les pompes de pression. Cette eau motrice, avant son entrée dans les moteurs du fond, et après sa sortie de ces derniers, passe dans des petits accumulateurs-régulateurs.

Le petit compresseur d'air placé au jour est destiné à alimenter les divers accumulateurs que comporte l'installation.

La PL. XXII, extraite d'une notice publiée par la maison Biétrix, Leflaive et C^{ie}, de Saint-Etienne, sur les pompes Kaselowsky, donne le schéma de l'installation d'une machine d'épuisement de ce système.

L'emploi des pressions hydrauliques très élevées permet d'avoir des conduites d'eau motrice et de retour d'eau de faible diamètre. De plus, il conduit à une perte de charge relative très faible puisque la perte par frottement, pour un liquide, est indépendante de la pression du fluide sur la paroi qui le renferme.

De plus, les moteurs du fond sont d'autant moins volumineux que la pression motrice est plus élevée.

Choix du moteur à vapeur.

Dans l'installation d'une machine à vapeur à transmission hydraulique on n'est plus limité par aucune considération pour le choix du moteur à vapeur. Aussi doit-on rechercher celui qui conduira au fonctionnement le plus économique.

La machine à vapeur est placée au jour et, par suite, peut être surveillée et entretenue avec le plus grand soin ; de plus, la salle des machines n'est pas forcément à l'entrée du puits, comme dans les pompes à maîtresse-tige. Les abords du puits sont généralement occupés par le bâtiment de la machine d'extraction et d'autres installations accessoires qui réduisent notablement l'espace disponible pour l'installation des machines de l'épuisement. Dans le cas actuel, les machines des pompes peuvent être reportées à une distance suffisante pour trouver un espace convenable.

On devra donc recourir, pour actionner les pompes de pression, aux machines fonctionnant avec de la vapeur à haute pression qui permettent l'usage des grandes détentes et la meilleure utilisation de la chaleur contenue dans la vapeur. De même, les machines à double et triple expansion devront être préférées aux machines à cylindre unique.

Pour les machines un peu puissantes, la meilleure disposition consiste à adopter deux pompes jumelles avec moteurs compound-tandem ; si, pour une raison quelconque, l'une des machines est mise hors de service momentanément, la seconde machine peut, à elle seule, assurer provisoirement l'épuisement. Il va sans dire que la machine à vapeur sera toujours à condensation, le condenseur pouvant être à mélange ou à surface. Ce dernier mode de condensation sera tout indiqué lorsqu'on disposera d'une petite quantité d'eau

pure ; dans ce cas, l'eau impure de la mine sera utilisée dans un condenseur à surface à condenser la vapeur d'échappement de la machine. On pourra encore, dans ce cas, employer la condensation par mélange, à la condition d'installer un refroidisseur de l'eau de condensation du genre de ceux qui se construisent maintenant d'une façon courante. (Refroidisseurs à tuyères, refroidisseurs à étages, refroidisseurs à persiennes, etc.)

Enfin, il est à recommander de recourir à la surchauffe de la vapeur qui permet de réaliser une économie notable sur la consommation de vapeur. A ce dernier point de vue, les machines à soupapes sont préférables aux machines à tiroirs. Ces dernières supportent mal les hautes températures de la vapeur qui peuvent aller jusqu'à 300 et 350 degrés centigrades, en raison de la nécessité de graisser les surfaces frottantes des tiroirs. A ces températures élevées, les huiles de graissage se décomposent, et malgré l'emploi d'huiles minérales de très bonne qualité, on ne parvient pas à éviter les grippements des tiroirs sur leurs glaces. Les obturateurs Corliss eux-mêmes ne peuvent supporter la vapeur à surchauffe élevée. Avec une machine compound de 500 chevaux alimentée par de la vapeur saturée, sèche, à la pression effective de 10 à 12 kilos par centimètre carré, la consommation de vapeur par cheval-heure indiqué n'est pas supérieure à 6,4 kilos ; ce chiffre s'abaisse à 5 kilos 5 si l'on emploie de la vapeur surchauffée seulement à 270° ou 280°. Il faut tenir compte, il est vrai, de la quantité de chaleur employée pour surchauffer la vapeur ; mais, dans bien des cas, les surchauffeurs utilisent des chaleurs perdues des chaudières. Si même le surchauffeur est indépendant, la quantité de chaleur qu'il absorbe n'est qu'une faible fraction de la chaleur employée à la production de la

vapeur. Considérons en effet 100 kilos de vapeur sortant d'une chaudière à la pression de 12 kilos ; la température de l'eau d'alimentation étant de 15°, la quantité de chaleur empruntée à la chaudière par 100 kilos de vapeur est :

$$100 [606,5 + 0,305 \times 191 - 15] = 65.000 \text{ calories.}$$

Pour surchauffer cette même quantité de vapeur supposée sèche jusqu'à 250°, il faut lui céder une quantité de chaleur $100 \times 0,475 (250-191) = 2.800$ calories, soit 4,3 % de la quantité de chaleur utilisée pour produire la vapeur.

Le surchauffeur a d'ailleurs l'avantage de vaporiser les particules d'eau entraînées avec la vapeur et dont on connaît l'effet nuisible sur le fonctionnement de la machine à vapeur, en raison des condensations initiales qu'elles occasionnent et des coups d'eau qu'elles peuvent déterminer.

Etant donné que les machines sont placées au jour et que l'on a une très grande latitude pour le choix de leur emplacement, on peut les rapprocher autant que l'on veut des générateurs de vapeur, et réduire par suite au minimum la condensation dans les conduites. Malgré cela, il faut avoir soin, lorsque l'on n'emploie pas un surchauffeur, de placer, avant l'arrivée de la vapeur à la machine et aussi près que possible de cette dernière, un séparateur d'eau très efficace pour arrêter l'eau de condensation et celle provenant du primage de la vapeur. A ce même point de vue, on devra s'attacher à employer les chaudières dans lesquelles auront été prises les meilleures précautions pour empêcher le primage de la vapeur, et on devra prévoir dans l'installation un nombre suffisant de générateurs pour que l'on n'ait pas à forcer leur allure.

La « Berliner Maschinenbau Actien gesellschaft »,

qui exploite en Allemagne les brevets Kaselowsky, emploie presque exclusivement, pour actionner ses pompes, des machines à distribution par soupapes. La maison Biéatrix, Leflaive et C^{ie}, de Saint-Etienne, concessionnaire pour la France des brevets Kaselowsky et Collmann, préconise également la machine à soupapes.

Conduites placées dans le puits.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, l'installation d'une machine d'épuisement système Kaselowsky comporte quatre conduites : 1° conduite d'eau motrice ; 2° conduite de retour d'eau ; 3° conduite d'exhaure ; 4° conduite d'air comprimé ; cette dernière conduite est quelquefois supprimée dans certaines pompes de systèmes différents.

Il y a intérêt, pour diminuer l'encombrement dans le puits, à prendre des conduites d'eau motrice de faible diamètre ; mais, pour un débit donné, la perte de charge varie en raison inverse de la cinquième puissance du diamètre, d'autre part, on sait que pour les liquides le frottement est indépendant de la pression à laquelle est soumis ce liquide et dépend uniquement de la surface de frottement et de la vitesse de circulation ; si donc on veut diminuer la perte *relative* d'énergie, on doit recourir à l'emploi de l'eau sous des pressions très élevées. Les questions de construction et de sécurité ont conduit à se limiter à 300 atmosphères environ par centimètre carré.

L'emploi de ces pressions élevées a, en outre, l'avantage de conduire à des moteurs hydrauliques de faibles dimensions et, par suite, peu encombrants.

Calcul des pertes de charge dans les conduites d'eau.

La perte de charge dans une conduite d'eau s'exprime par la formule :

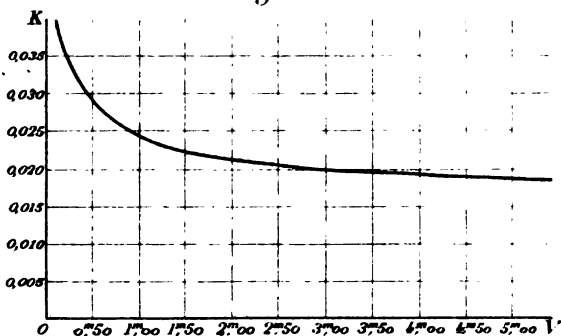
$$h = K \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

K est un coefficient variable avec la vitesse et qui, d'après Zeuner, peut s'écrire :

$$K = 0,014312 + \frac{0,010327}{\sqrt{v}}.$$

La courbe suivante (Fig. 10) donne les valeurs de K pour les différentes valeurs de v ; cette courbe montre qu'à partir de la vitesse de 2^m,50 les valeurs de K varient peu lorsque v augmente. Pour les vitesses supérieures à 2^m,50, on peut considérer K comme voisin de 0,020.

Fig. 10



Les valeurs précédentes de K s'appliquent aux tuyaux neufs dans lesquels circule de l'eau pure. On peut les appliquer pour les conduites d'eau motrice et de retour d'eau. Généralement même, on mélange à l'eau motrice une certaine quantité de vaseline, 4 à 5 %, pour diminuer les frottements et, en même temps, pour lubrifier les organes des moteurs hydrauliques. Dans

ces conditions, la perte de charge par frottement est réduite de $1/5$.

Il n'en est pas de même pour les conduites d'exhaure dans lesquelles circulent des eaux plus ou moins pures, qui ne tardent pas à former dans la conduite des dépôts consistants; ces derniers augmentent notablement le frottement et il y a lieu, dans ce cas, de prendre pour K des valeurs doubles et même triples de celles qui résultent de la courbe précédente.

La formule ci-dessus donne h en mètres de hauteur d'eau. Pour avoir le travail résistant correspondant à ce frottement, il suffit de multiplier h par le débit. La formule peut s'écrire :

$$h = K \frac{L}{D} \frac{16 Q^2}{\pi^2 D^4 2g} = K' \frac{L Q^2}{D^5}$$

Sous cette dernière forme on voit que la perte de charge est inversement proportionnelle à la cinquième puissance du diamètre intérieur; il y a donc, à ce point de vue, intérêt à augmenter le diamètre; mais on est limité à la fois par les difficultés de fabrication et par le prix élevé des tuyaux de grand diamètre. Si l'on désigne par R le coefficient de travail admis pour le métal de la conduite, et par P la pression intérieure, l'épaisseur de la conduite est $e = \frac{P D}{2 R}$ et on voit qu'elle croît proportionnellement au diamètre de la conduite.

Le poids total de la conduite est $\pi D \cdot \frac{P D}{2 R} L \times 8.000$. Si on désigne par p le prix du kilo de conduite (on peut admettre que pour les diamètres usuels qui sont peu différents ce prix est indépendant du diamètre), par m le taux de l'intérêt et de l'amortissement, la dépense annuelle résultant de l'installation de la conduite sera :

$$\frac{\pi P \cdot 8.000}{2 R} L \cdot D^2 \cdot p \cdot m$$

D'autre part, si on désigne par T le nombre de secondes de fonctionnement annuel et par n le prix de revient à la machine motrice du kilogrammètre par seconde, la perte résultant de la perte de charge dans la conduite s'exprime en francs par $K' L \frac{Q^2}{D^5} Q. T. n.$

La dépense annuelle totale résultant de la présence de la conduite est donc de la forme :

$$AD^2 + \frac{B}{D^5} \quad A = \frac{\pi. P. 8000}{2R}. p. mL$$

$$B = K'. Q^3. T. n. L.$$

Cette quantité est minima pour les valeurs de D qui annulent sa dérivée, c'est-à-dire qui satisfont à l'équation

$$2AD - 5 \frac{B}{D^6} = 0.$$

Le raisonnement précédent suppose que les brides et supports de la conduite entraînent une dépense à peu près constante, quel que soit le diamètre de la conduite, et que les frais de mise en place sont également indépendants du diamètre.

Matériaux entrant dans la composition des conduites. — Les conduites d'eau motrice sont en acier étiré et sans soudure ; elles sont généralement éprouvées à la pression de 500 kilos par centimètre carré. Les brides, également en acier, sont vissées sur les tuyaux ; les joints se font à emboîtement, avec interposition de rondelles en cuivre rouge.

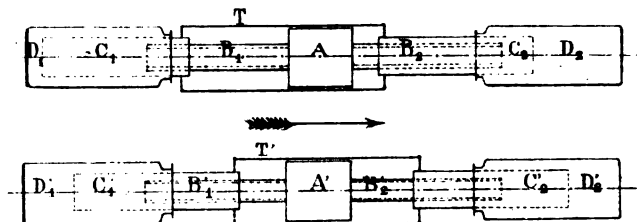
La conduite de retour d'eau motrice est en fer soudé par recouvrement.

Les conduites d'exhaure sont en tubes de fer soudés par recouvrement ou bien en fonte.

La petite conduite d'air comprimé est en cuivre.

Installation au fond. — La pompe souterraine d'une machine d'épuisement Kaselowsky se compose de 4 corps de pompe à simple effet fonctionnant comme deux pompes à double effet. L'eau motrice arrive aux distributeurs AA' (Fig. 11) et de là se rend dans les pistons fixes $B_1 B'_1 B_2 B'_2$ appelés *pistons moteurs*. Sous l'action de l'eau motrice les *pistons d'exhaure* $C_1 C'_1 C_2 C'_2$ se meuvent dans les corps de pompe $D_1 D'_1 D_2 D'_2$. Les pistons d'exhaure $C_1 C_2$ d'un même groupe sont reliés par des traverses et des tirants qui rendent leurs mouve-

Fig. 11 Schéma d'une pompe Kaselowsky



A A' — Boîtes de distribution.

$B_1 B_2 B'_1 B'_2$ — Pistons moteurs.

$C_1 C_2 C'_1 C'_2$ — Pistons d'extraction ou d'exhaure

$D_1 D_2 D'_1 D'_2$ — Corps de pompe.

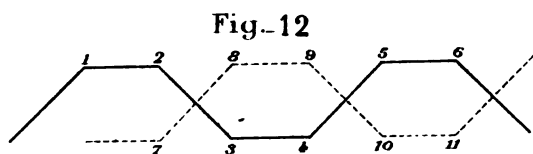
T T' — Tirants.

ments absolument solidaires. La distribution est effectuée par les pistons d'exhaure eux-mêmes qui agissent au moyen de taquets sur les tiroirs-pistons distributeurs. Le fonctionnement est le suivant :

Supposons que les pistons $C_1 C_2$ se déplacent vers la droite dans le sens de la flèche, l'eau motrice arrivant dans le piston B_2 tandis que B_1 communique avec le retour d'eau ; à ce moment, les pistons C'_1 et C'_2 sont arrêtés ; après un certain temps de marche, un levier porté par C_1 pousse vers la droite le piston du distributeur A', ce qui a pour effet de permettre à l'eau

motrice d'arriver en B'_2 tandis que B'_1 est mis en communication avec le retour d'eau, et de mettre en marche vers la droite le train $C'_1 C'_2$. Dès que le mouvement commence, les pistons $C_1 C_2$ agissent par un second levier sur le taquet de leur propre tiroir de distribution qu'ils amènent progressivement à sa position moyenne, laquelle est atteinte lorsque le distributeur A' est ouvert en grand. Puis un levier actionné par $C'_1 C'_2$ actionne le distributeur A ; le train $C_1 C_2$ se met en marche vers la gauche à allure progressivement accélérée tandis que le train $C'_1 C'_2$ termine sa course vers la droite à allure progressivement ralentie.

Ce qui est remarquable dans ce mouvement, c'est que, à chaque instant, la somme des vitesses des pistons foulants est constante de même, par suite, que le débit de la pompe. Le diagramme (Fig. 12) traduit cette loi du mouvement.



La ligne en traits pleins représente les vitesses du train $C_1 C_2$; la ligne en traits discontinus donne les vitesses de $C'_1 C'_2$. De 1 à 2, le premier train est seul en marche à vitesse constante; de 2 à 3, ce train ralentit jusqu'à la vitesse zéro obtenue au point 3, tandis que le second train, parti de la vitesse zéro en 7, arrive à la vitesse maxima en 8, etc. On voit que la somme des vitesses des deux équipages est toujours la même et que, par suite, le débit de la pompe est constant. Le mouvement de la colonne d'eau refoulée étant continu, cette colonne n'est pas soumise aux forces d'inertie

produites par les changements de vitesse et on peut se contenter d'un réservoir d'air de faibles dimensions.

Les vitesses généralement adoptées pour les pompes de fond sont de 16 à 20 coups doubles par minute.

On voit que la machine-pompe du fond ne comporte aucun organe animé de mouvement de rotation ; les frottements sont réduits au minimum ; ils se résument à ceux des tiges dans les garnitures des presse-étoupes et à ceux des tiroirs distributeurs dans leurs chemises ; ces tiroirs sont d'ailleurs lubrifiés par l'eau motrice elle-même qui contient une certaine proportion de vaseline ; il n'est donc pas nécessaire d'avoir un mécanicien au fond pour assurer le graissage.

L'ensemble des organes est monté sur un bâti unique et constitue avec lui un tout rigide de dimensions aussi réduites que possible.

Description d'une machine d'épuisement.

(Système Kaselowsky.)

La machine d'épuisement dont je vais donner la description et que j'ai citée plusieurs fois au cours de cette étude, est celle que la Société des Houillères de Montrambert vient d'installer à son puits Ferrouillat. Les comptes rendus de la « Société de l'Industrie Minérale » (août et septembre 1899) ont donné les dimensions principales de cette machine.

Le problème d'exhaure à résoudre est le suivant : Epuiser un volume de 3 mètres cubes d'eau par minute à une profondeur qui, en 1900, sera de 455 mètres ; en 1910, une deuxième pompe sera installée à la profondeur de 521 mètres et remplacera la première qui sera placée, en 1920, au niveau 587 mètres ; la deuxième pompe sera à son tour portée au niveau 653 mètres en 1930.

Les ingénieurs de Montrambert, après avoir visité en Allemagne les installations de pompes Kaselowsky,

faites par la maison Schwarzkopf de Berlin aux mines Pluto et Gottesegen, ont conclu à l'adoption d'une machine d'épuisement de ce système qui a été commandée à la maison Biétrix, Leflaive et C^{ie}, de Saint-Etienne, concessionnaire pour la France des brevets Kaselowsky (1).

La machine d'épuisement proposée par les constructeurs et adoptée par les Houillères de Montrambert comporte les organes suivants :

1° *Installation au jour.* — La machine motrice est une machine à vapeur à condensation, à distribution par soupapes du système Collmann fonctionnant avec de la vapeur à la pression de 8 kilos, produite par une batterie de chaudières multitubulaires du système Buttner. La machine est compound avec réservoir intermédiaire, manivelles calées à 90° et arbre commun supportant le volant :

Diamètre du cylindre à haute pression...	725 ^{mm}
Diamètre du cylindre à basse pression...	1.200 ^{mm}
Course commune.....	1.200 ^{mm}
Diamètre du volant.....	5 ^m ,5
Vitesse normale.....	50 tours

La vapeur venant des chaudières passe dans un séparateur d'eau très efficace où elle se débarrasse de son eau à la fois grâce à une diminution brusque de vitesse et grâce au choc contre une tôle perforée. La Machine est à détente variable à la main au petit cylindre et fixe au grand cylindre. Le régulateur agit sur une valve spéciale pour le réglage de la vitesse et sur une soupape équilibrée à déclic déterminant l'arrêt de

(1) Voir *Bulletin* de la Société de l'Industrie Minérale, 1^{re} livraison, 1896.

la machine en cas de rupture ou de chute brusque de pression au refoulement des pompes, ou enfin en cas d'arrêt du régulateur lui-même. Le condenseur est placé en fosse et actionné par l'une des manivelles motrices. La vapeur d'échappement du petit cylindre est réchauffée dans le réservoir intermédiaire avant de se rendre au grand cylindre.

Les deux tiges des pistons sont prolongées et actionnent chacune un groupe de deux pompes à simple effet adossées et dont les pistons sont rendus solidaires au moyen de tiges et de traverses ; les deux pompes de chaque côté aspirent et refoulent dans une même boîte à clapets ; l'aspiration se fait dans le réservoir de retour d'eau qui fournit aux pompes l'eau en charge revenue du fond par la conduite de retour. Les pompes compriment d'abord l'eau à la pression de 190 atmosphères, cette pression devant être portée progressivement jusqu'à 275 atmosphères pour la plus grande profondeur prévue. Le diamètre des plongeurs des pompes de pression est de 78^m/m, leur course est de 1^m,200.

Les corps de pompe sont en acier moulé ; les boîtes à clapets, les clapets et les pistons sont en acier forgé. Les corps de pompes et boîtes à clapets sont éprouvés à la pression de 500 kilos par centimètre carré.

L'eau sous pression débitée par les pompes se rend à un accumulateur-régulateur de pression construit d'après le principe indiqué plus haut (page 825). Le piston à eau de cet accumulateur a un diamètre de 160 millimètres, le diamètre du piston à air est de 355 millimètres ; la course est de 1^m,500 ; pour une pression d'eau motrice de 190 atmosphères la pression de l'air comprimé sera de 38,5 atmosphères ; cette pression atteindra 55,5 atmosphères lorsque la pression d'eau motrice sera de 275 atmosphères.

Le cylindre hydraulique et son piston sont en acier,

le piston à air est en bronze phosphoreux spécial présentant une résistance de 50 kilos par millimètre carré.

L'air comprimé est fourni à l'accumulateur par une petite machine à comprimer l'air qui alimente en même temps les petits accumulateurs du fond. Cette machine peut comprimer l'air à une pression maxima de 60 atmosphères. Le diamètre de son cylindre à vapeur est de 235 millimètres, la vitesse, de 260 tours par minute.

L'ensemble de l'installation au jour a déjà été reproduit dans les comptes rendus de la « Société l'Industrie minérale (1). La Fig. 13 ci-après donne une coupe d'un cylindre de machine Collmann qui montre bien le mode de construction des soupapes et les dispositions prises pour éviter le choc de ces soupapes sur leur siège, sans cependant avoir un laminage de vapeur tout en réalisant une obturation très rapide de la vapeur. Ce résultat est obtenu par l'emploi d'une cataracte à huile de forme spéciale; la soupape, dont la fermeture est d'abord très rapide, a sa chute ralentie au moment où elle va toucher son siège; il en résulte qu'elle vient reposer sur celui-ci sans le moindre choc. Les diagrammes du mouvement des soupapes, relevés sur des machines analogues à celle de Montrambert (Fig. 14), mettent bien en évidence les différentes phases de ce mouvement. Les courbes telles que $m n$ relevées à l'indicateur représentent les diagrammes obtenus pour différentes introductions.

La chute de la soupape, très rapide de m en n , se ralentit brusquement de n en p , au moment où la fermeture va être complète. Le croquis montre d'ailleurs que la portion $n p$ reste la même quelle que soit l'introduction : le fonctionnement de la soupape n'est donc pas influencé par les variations de détente; ce point est

(1) Août et septembre 1899.

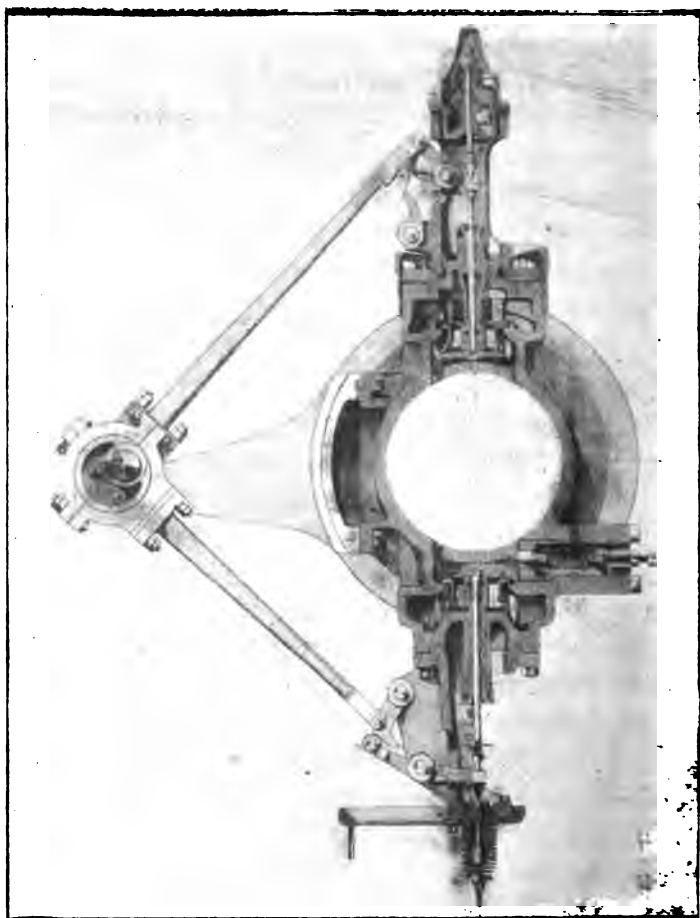


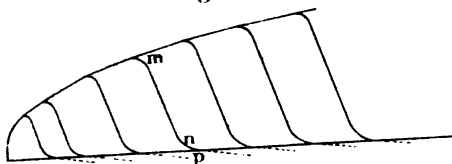
FIG. 18

intéressant pour la machine de Montrambert dont la détente variera depuis 23 (en 1900) jusqu'à 13 (en 1930).

2° Conduites. — La conduite d'eau sous pression, éprouvée à la pression de 500 kilos par centimètre carré, est constituée par des tubes en acier étiré, sans soudures, galvanisés, munis de brides vissées et avec joints emboîtés; les tubes ont 70 millimètres de diamètre intérieur et 22 millimètres d'épaisseur. La longueur développée des tubes sera d'abord de 525 mètres.

La conduite de retour d'eau motrice est constituée par des tubes en fer soudé par recouvrement, galvanisés et munis également de brides vissées avec joints à emboîtement; ils sont éprouvés à la pression de 85

Fig. 14



kilos par centimètre carré; diamètre intérieur $80^{\text{m/m}}$, épaisseur 14.

La conduite d'air chargée d'alimenter les accumulateurs du fond est en cuivre rouge; diamètre intérieur 10 millimètres; épaisseur $6^{\text{m/m}}$. Les trois conduites précédentes sont supportées à l'origine du puits et au fond par deux sommiers en fer à I.

La conduite d'exhaure est formée de tuyaux en fer soudé avec brides vissées et joints emboîtés. — Le diamètre intérieur varie de $225^{\text{m/m}}$ (au niveau 430) à $230^{\text{m/m}}$ (à l'orifice du puits), tandis que l'épaisseur passe de 9, $5^{\text{m/m}}$ à $7^{\text{m/m}}$; les pressions d'épreuve varient de 60 kilos par centimètre carré à 28 kilos. — La colonne comporte un tuyau coudé formant socle à la partie in-

férieure, 4 tuyaux compensateurs avec presse-étoupes ; le tout est supporté par des sommiers en tôle et cornières. Un réservoir d'air en tôle d'acier soudé est placé sur le refoulement.

L'encombrement des diverses conduites est représenté PL. XXVII, FIG. 5.

3° *Installation au fond.* — L'ensemble de la chambre souterraine est représenté PL. XXIII. Cette installation comporte deux pompes jumelles établies d'après les indications générales données plus haut et dont les organes ont été calculés en vue de la puissance finale. Les pistons moteurs ont un diamètre de $144^{\text{m/m}}$; les pistons plongeurs d'exhaure ont $260^{\text{m/m}}$, la course de ces derniers est de 800 millimètres. La plupart des organes de ces pompes sont en acier. Les soupapes en bronze sont à clapets étagés avec garnitures en cuir. Les organes moteurs de la pompe sont éprouvés à 500 kilos par centimètre carré ; les organes d'exhaure à 85 kilos. L'ensemble de la pompe est représenté par la FIG. 15.

La chambre souterraine comporte encore deux petits accumulateurs-régulateurs de pression placés sur les conduites d'eau motrice et de retour d'eau. Les diamètres des cylindres à eau de ces accumulateurs sont respectivement de $135^{\text{m/m}}$ et $190^{\text{m/m}}$; ceux des cylindres à air sont de $330^{\text{m/m}}$.

Enfin, la chambre souterraine est desservie par un pont roulant à main de 2 tonnes pour faciliter les montages et démontages des pompes (1).

(1) On trouvera dans le « Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure » n° du 15 décembre 1900, un article très intéressant de M. Frölich sur les pompes Kaselowsky. Une traduction de cette étude a été publiée dans le *Bulletin* de la Société d'encouragement pour l'Industrie Nationale, n° de janvier 1901.

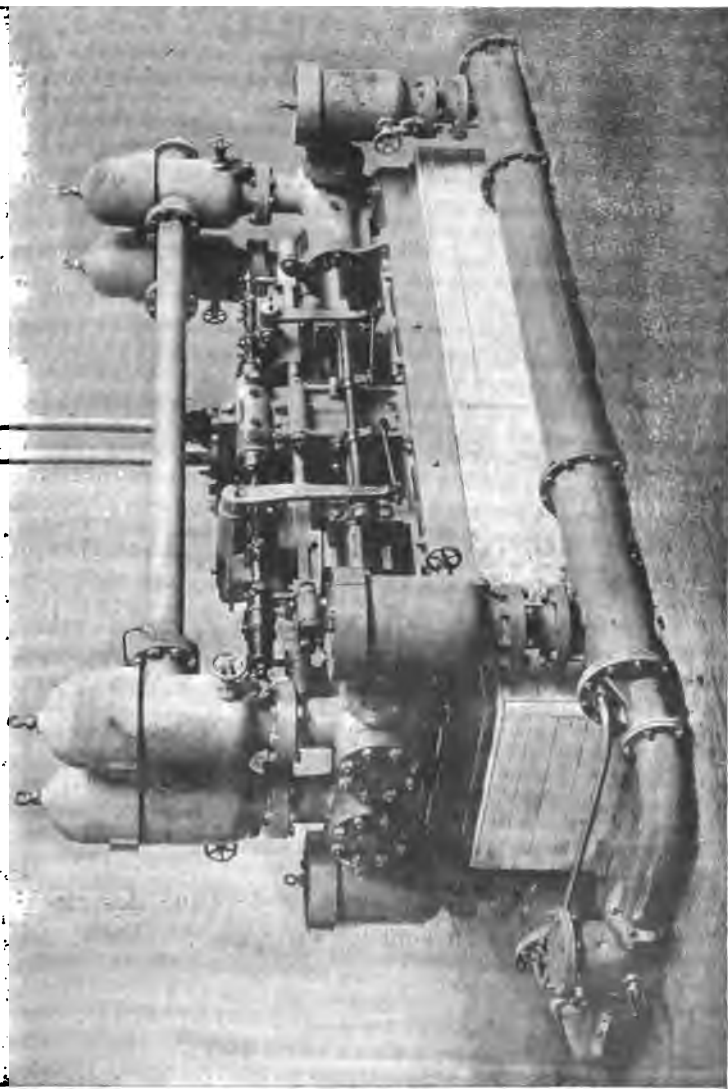


FIG. 15

**Données principales et résultats d'essais
de quelques machines d'épuisement hydrauliques
à haute pression.**

I. — Pompe de la Mine Rheinpreussen à Hornberg (1)

(Haniel et Lueg, constructeurs à Dusseldorf.)

L'épuisement de la mine Rheinpreussen comporte deux machines absolument identiques. La pression d'eau motrice est relativement faible dans ces machines ; au jour elle est de 122,5 atmosphères. Le moteur hydraulique du fond est différent de celui des pompes Kaselowsky décrites précédemment. Ce moteur est à mouvement rotatif avec trois manivelles calées à 120 degrés actionnant trois pistons des pompes d'exhaure. Cette disposition, adoptée en vue de régulariser le débit et de diminuer les réservoirs d'air, complique la distribution et augmente l'encombrement. De plus, la transmission de l'énergie du moteur hydraulique aux pompes se fait d'une façon moins directe que dans les moteurs à mouvement alternatif, et il semble que le rendement organique des appareils du fond doivent de ce fait être un peu moindre que dans les pompes Kaselowsky. Par contre, cette disposition permet d'atteindre pour les pompes des vitesses de pistons plus élevées qu'avec le mouvement alternatif.

Les données d'établissement de l'une des machines de Rheinpreussen sont les suivantes :

Machine à vapeur compound.	{	Diamètre du cylindre à haute pression.....	760 ^{mm}
		Diamètre du cylindre à basse pression.....	1.200
		Course des pistons	1.000

(1) Voir « Zeitschrift deutscher Ingenieure » 21 janvier 1889.

Pompes de pression.		{	Diamètre des plongeurs.....	88 ^{mm}
		{	Course.....	1.000
DANS LE Puits	Conduites.	{	Eau motrice, diamètre intérieur.....	105 ^{mm}
			Retour d'eau, diamètre intérieur.....	115
			Exhaure, diamètre intérieur	200
INSTALLATION AU FOND	Moteurs hydrauliques et pompes d'exhaure.	{	Diamètre des 3 pistons moteurs.....	105 ^{mm}
			Diamètre des 3 pistons des pompes.....	151
			Course des 3 pistons des pompes.....	800
			Nombre de tours par minute	60

Résultats d'essais.

Nombre de tours par heure de la machine du jour.....	3.020
Pression moyenne au grand cylindre, d'après le calcul des diagrammes..	0 ^h 8207,6 ^m ²
Pression moyenne au petit cylindre, d'après le calcul des diagrammes..	1 ^h ,665
Surface du petit cylindre, déduction faite de la tige.....	4.413,8
Surface du grand cylindre, déduction faite de la tige.....	11.187
Puissance développée par le petit cylindre.....	164,2 chev. indiq.
Puissance développée par le grand cylindre.....	205,3 d°
Puissance totale de la machine du jour	369,5 d°
Débit théorique des pompes de pression par minute.....	1.224 litres
Puissance théorique des pompes....	333,25 chev.
Rendement des pompes de pression	
333,25	
369,50	0,90

Nombre de tours par heure de la machine souterraine.....	3.470
Consommation théorique d'eau des moteurs du fond.....	1.201,86 litres
Consommation effective.....	1.195,86
Quantité d'eau épuisée par minute (débit réel).....	2.500 litres
Rendement volumétrique des pompes d'exhaure	0,98
Hauteur totale d'épuisement.....	463 mètres.
Puissance en eau élevée.....	252 chevaux.
Rendement total $\frac{\text{Eau élevée}}{\text{Chevaux indiqués}} = \frac{252}{369,5}$	0,685

II. — Pompe du puits Bommerbank, près de Witten.

(Schwarzkopf, constructeur à Berlin.)

Cette machine dont l'installation remonte à 1891 est, je crois, la première dans laquelle on a atteint la pression de 200 atmosphères pour l'eau motrice.

La pompe souterraine est à trois pistons plongeurs comme la pompe Haniel et Lueg de Rheinpreussen. Comme dans la pompe Kaselowsky, les pistons moteurs sont fixes ; les pistons d'exhaure glissent sur eux et attaquent un arbre commun sur lequel sont calés les excentriques de la distribution.

Bien que ce système ait donné à Bommerbank des résultats très satisfaisants, la maison Schwarzkopf l'a abandonné pour adopter le système Kaselowsky dans lequel on réalise une transmission plus immédiate de l'énergie et un débit plus régulier.

Les données caractéristiques de l'installation de Bommerbank sont les suivantes :

MACHINES D'ÉPUISEMENT SOUTERRAINES

895

Machine à vapeur compound.	{	Diamètre du cylindre à haute pres- sion	470 mm	
		Diamètre du cylindre à basse pres- sion.....	790 mm	
		Course du piston.....	1.100 mm	
		Nombre de tours normal par minute	60	
Pompes de pression, diamètre des plongeurs.....			84 mm	
Conduites dans le puits.	{	Eau motrice (diamètre intérieur) ..	50 mm	
		Retour d'eau — ..	60	
		Exhaure — ..	280	
INSTALLATION AU FOND	{	Moteurs hydrauliques et pompes d'exhaure.	Diamètre des 3 pistons mo- teurs.....	100 mm
			Diamètre des 3 pistons des pompes.....	265
			Course des pompes.....	400
			Nombre de tours par minute	65 à 70
Débit par minute.....			4 ^m 3,5	
Hauteur de refoulement.....			230 mètres.	
Pression de l'eau motrice.....			200atmosph.	
Rendement total.....			68 à 69 %.	

III. — Pompe Kaselowsky de la mine Pluto à Wanne.

(Schwarzkopf, constructeur à Berlin).

INSTALLATION AU JOUR	{	Machine motrice à deux cylindres accouplés.	{	Diamètre des cylindres	870 mm
			{	Course.....	1.100
			{	Nombre de tours par minute.....	40
	{	Pompes de compression.	{	Diamètre des plongeurs	78 mm
			{	Course.....	1.100
DANS LE PUIT	{	Conduites	{	Eau motrice, diamètre intérieur.....	60
			{	Retour d'eau, diamètre intérieur.....	70
			{	Exhaure, diamètre inté- rieur.....	180
			{	Air comprimé, diamètre intérieur.....	10
			{		

INSTALLATION AU FOND	Moteurs hydrauliques et pompes d'exhaure.	Diamètre de pistons mo- teurs.....	135
		Diamètre des pistons d'exhaure.....	235
		Course.....	800
		Nombre de coups dou- bles par minute.....	18

Pression de l'eau motrice : 210 atmosphères.

Accumulateur principal du jour :

Diamètre du grand piston.....	520 ^{mm}
Diamètre du petit piston.....	160 ^{mm}
Pression de l'air comprimé.....	20 à 22 atmosp.

Résultats d'essais :

Hauteur totale d'élévation.....	556 mètres.
Débit par minute, en admettant un rendement volumétrique de 0,95 pour les pompes d'exhaure.....	2 ^m , 425
Densité de l'eau épuisée.....	1,08
Travail utile en eau élevée.....	23.328 k. p. seconde
Travail indiqué par les diagrammes..	33.430 d°
Rendement.....	0,69

Perte de charge totale dans les conduites d'eau motrice et de retour d'eau 26 atmosphères soit 12 % de la pression motrice.

IV. — Pompe Kasełowsky de la Mine Gottessagen, près Dortmund (1).

(Schwarzkopf et C^{ie}, constructeurs à Berlin.)

INSTALLATION AU JOUR	Machine motrice compound. Tandem à condensation.	Diamètre du petit cylin- dre.....	575 ^{mm}
		Diamètre du grand cylindre.....	900
		Course commune.....	1.100
		Vitesse.....	40 tours.
	Pompes de pression.	Diamètre des pistons..	98 ^{mm}
		Course.....	1.100

(1) Industrie minérale, 1896, 1^{re} livraison.

DANS LE PUIT	Conduites.	Eau motrice, diamètre intérieur	60
		Retour d'eau, diamètre intérieur	70
		Exhaure, diamètre intérieur	250
		Air comprimé, diamètre intérieur	10
INSTALLATION AU FOND	Moteurs hydrauliques et Pompes d'exhaure.	Diamètre des pistons moteurs	135
		Diamètre des pistons d'exhaure	335
		Course	800
		Nombre de coups doubles par minute	15

Pression de l'eau motrice : 200 atmosphères.

Résultats d'essais. — Rendement.

Travail par seconde du petit cylindre, (d'après les diagrammes)	10.606 kgm.
Travail par seconde du grand cylindre, (d'après les diagrammes)	13.560
Travail total par seconde	24.166
Débit théorique des pompes de pression (par seconde)	11 litres
Débit théorique des pompes d'exhaure	67,75
Rendement volumétrique <i>admis</i> pour les pompes d'exhaure dont la hauteur d'aspiration est de 8 mètres	0,90
Hauteur d'élévation	300 mètres
Travail utile en kilogrammètres, par seconde	18.025
Rendement total $\frac{\text{travail utile}}{\text{travail indiqué}} = \frac{18.025}{24.166} =$	0,745
Perte de charge totale dans les conduites d'eau	11 atmosphères.

**V. — Pompe Kaselowsky de la mine de Hedwigwansch,
à Borsigwerk.**

(Schwarzkopf, constructeur à Berlin.)

Installation au jour. — Deux machines
compound-tandem jumelées.

Diamètre des cylindres à haute pression	550 ^{mm}
Diamètre des cylindres à basse pression	850
Course des pistons	1.000
Vitesse moyenne	65 tours
Puissance en chevaux indiqués résultant du calcul des diagrammes	507,8

Installation souterraine. — Pompes
jumelées.

Diamètre des plongeurs	325 ^{mm}
Course des plongeurs	800
Nombre de coups doubles par minute	20
Volume épuisé par minute	5 ^{m³} ,200
Hauteur totale d'élévation	305 mètres
Puissance utile en chevaux	353,4

$$\text{Rendement de l'installation} \quad \frac{353,4}{507,8} = 69,7 \%$$

Cette pompe est prévue pour une profondeur ultérieure de 500 mètres.

VI. — Pompe Kaselowsky de la mine Königsborn, près Unna.

(Schwarzkopf, constructeur à Berlin.)

Installation au jour. — Deux machines
monocylindriques jumelées.

Diamètre des cylindres	850 ^{mm}
Course des pistons	1.000
Vitesse moyenne	73,5 tours
Puissance totale en chevaux indiqués résultant du calcul des diagrammes	856,4

Installation souterraine. — Pompes jumelées.

Diamètre des plongeurs.....	325 ^{mm}
Course.....	800
Nombre des coups doubles par minute	21,5
Volume d'eau épuisé par minute	5.596 litres.
Hauteur totale d'élévation.....	505 mètres
Puissance utile en chevaux.....	638 —
Rendement total $\frac{638}{856,4}$	73,3 %.

VII. — Pompe Kaselowsky des Mines de la Réunion. (Compagnie des chemins de fer de Madrid, Saragosse et Allicante).

(Biétrex, Leflaive et C^e, Constructeurs à Saint-Etienne.)

Cette machine d'épuisement est la première de ce système construite en France. Les essais ont été effectués en 1899, immédiatement après la mise en marche.

INSTALLATION AU JOUR	Machines motrices à cylindres accouplés.	Diamètre des cylindres	750 ^{mm}
		Course des pistons	1.200
	Pompes de compression.	Diamètre des 4 plongeurs	78 ^{mm}
		Course	1.200
DANS LE Puits	Conduites.	Eau motrice, diamètre intérieur.....	70
		Retour d'eau.....	80
		Exhaure.....	250
		Air comprimé.....	10
INSTALLATION AU FOND	Moteurs hydrauliques et pompes d'exhaure.	Diamètre des pistons moteurs.....	144 ^{mm}
		Diamètre des pistons d'exhaure.....	365
		Course.....	800

Accumulateur principal du jour :

Diamètre du grand piston,	355
Diamètre du petit piston,	160
Pression de l'air comprimé.	145 ^k

Résultats d'essais.

Durée de l'essai : 9 h. 30

Pression de la vapeur à l'admission, relevée sur les diagrammes.....	5 k.
Nombre de diagrammes ayant servi aux calculs.....	40
Nombre de tours des machines à vapeur	22.548
Nombre de coups des pompes du fond.	9.220
Débit par coup de piston (1).....	327 litres.
Dépense de charbon tout-venant.....	6.700 kilos.
Eau vaporisée.....	38.930 litres.

Des chiffres précédents relevés pendant l'essai on déduit les résultats suivants :

Eau réellement élevée par seconde	85 litres
Hauteur totale d'élévation.....	252 ^m ,750
Travail en eau élevée.....	286,4 chevaux
Travail indiqué par les diagrammes	395,2 chevaux
Rendement total de l'installation..	0,725
Rendement volumétrique des pompes d'exhaure.....	0,98
Dépense de vapeur par heure et par cheval en eau-élevée.....	13 ^k 8
Dépense de vapeur par cheval indiqué.....	10 ^k
Dépense de charbon par cheval-heure en eau élevée.....	2 ^k 38
Dépense de charbon par cheval indiqué.....	1 ^k 73

(1) Le débit des pompes du fond a été évalué en remplissant à trois reprises, en 95 coups, un réservoir d'une contenance de 31.064 litres. Le chiffre indiqué est donc le débit réel et non le débit déduit du volume engendré par les plongeurs.

Les chiffres de consommation de charbon peuvent paraître un peu élevés ; mais il faut considérer que le charbon tout-venant employé est de qualité inférieure puisqu'il n'a vaporisé que $\frac{38.930}{6.700} = 5^k,80$ d'eau par kilo de charbon.

Quant aux consommations de vapeur, elles sont plus élevées que celles indiquées dans d'autres essais faits en Allemagne, sur des pompes du même système ; mais les chiffres que j'ai rappelés ci-dessus sont les poids bruts de l'eau introduite dans les chaudières, sans déduction aucune. Ils comprennent donc la vapeur employée pour actionner les appareils auxiliaires, les condensations dans les conduites de vapeur, les purges. De plus, la pression de vapeur à l'admission n'était guère que de 5 kilos. Enfin, les machines à vapeur sont à distribution par tiroir et à cylindre unique, et elles ne peuvent réaliser un fonctionnement aussi économique que celui des machines compound fonctionnant à haute pression. Avec ces dernières machines on peut estimer que la consommation à haute pression, en marche normale, pour une machine de 400 chevaux environ, ne dépasserait pas 6 k. 5 à 7 k. de vapeur par cheval indiqué. En se basant sur le rendement trouvé ci-dessus, on obtient pour le cheval-heure en eau élevée une consommation de vapeur de 9 k. à 9 k. 6.

La plus puissante installation de machine Kaselowsky est celle des houillères de Altendorf qui est établie pour un débit de 14 mètres cubes par minute avec une hauteur d'élévation qui est actuellement de 400 mètres mais sera portée plus tard à 800 mètres. Ces données correspondent à un travail utile de 2.500 chevaux, soit environ 3.500 chevaux indiqués aux cylindres à vapeur.

QUATRIÈME PARTIE

Machines d'épuisement à commande électrique

L'usage de l'électricité s'est répandu dans les mines avec une rapidité extraordinaire depuis quelques années, et cette faveur dont jouit en ce moment l'électricité s'explique tout naturellement par les nombreux avantages que présente ce moyen de transporter l'énergie. De nombreux sièges possèdent actuellement des stations centrales importantes chargées de produire l'énergie non seulement pour les installations du jour, mais aussi pour les appareils employés au fond.

Les premières applications des moteurs électriques aux machines d'épuisement ont été faites sur des pompes de faible puissance, comportant par suite moteurs peu importants. Mais on est arrivé progressivement à installer des machines d'épuisement comparables en puissance aux pompeuses à vapeur ou à transmission hydraulique. Je citerai en Allemagne la pompe construite par l'usine Solvay, à Bernberg, dont le moteur a une puissance nominale de 185 chevaux ; la pompe de la mine Zollverein actionnée par un moteur de 400 chevaux ; la pompe du puits « Marianna » à Hôutrop, près Bochum, dont le moteur développe 800 chevaux.

Pour les pompes électriques, comme pour les pompes hydrauliques à haute pression, les Allemands ont été nos devanciers. A l'époque où j'ai écrit cette note (1899), les puissantes machines d'épuisement dont je viens de parler étaient en marche régulière depuis quelque temps, tandis que je n'aurais pu citer en France, comme pompe de quelque importance, que les unités de 100 mètres cubes de la Grand'Combe qui utilisent des moteurs de 125 chevaux, et les pompes de 60 mètres cubes de

Carmaux. Depuis lors, les mines françaises sont entrées résolument dans la voie des installations électriques ; les mines de Roche-la-Molière et Firminy ont installé une pompe actionnée par un moteur de 275 chevaux. Les mines de Portes et Sénéchas ont mis en marche une pompe de 120 mètres cubes à l'heure ; Anzin, Marles, la Péronnière, Rochebelle, etc., ont commandé de puissantes installations d'épuisement.

L'installation d'une machine d'épuisement électrique comporte les appareils suivants :

Au jour.....	{	Machine à vapeur.
	{	Dynamo génératrice.
Dans le puits.	{	Lignes de transport de force.
	{	Colonne d'exhaure.
Au fond.....	{	Moteur des pompes.
	{	Pompes.
	{	Et éventuellement les transformateurs.

L'installation comporte en outre un certain nombre d'appareils de manœuvre, de régulation et de sûreté.

Machines à vapeur.

Tout ce que j'ai dit des machines à vapeur actionnant les pompes de pression des pompeuses à transmission hydraulique s'applique évidemment aux machines à vapeur conduisant les dynamos génératrices. Ici encore on a toute latitude pour le choix de l'emplacement de la salle des machines et on doit s'attacher à adopter une machine aussi perfectionnée que possible. On devra donc employer de préférence les machines à *soupapes à expansion multiple*, fonctionnant à *haute pression* (10 à 12 kilos) à *condensation*, et autant que possible recourir à l'emploi de la vapeur *surchauffée*.

Dans certains cas, la machine d'épuisement ne com-

porte pas de machine à vapeur spéciale, le courant étant pris soit sur un réseau public, soit sur un réseau particulier desservant tous les services de la mine.

Lorsque l'installation comporte machine à vapeur et dynamo génératrice, le meilleur groupement est celui qui consiste à constituer des ensembles électrogènes avec dynamos calées directement sur l'arbre. La transmission d'énergie se fait alors sans intermédiaire et on évite la perte de rendement qui résulte de l'emploi de courroies. La PL. XXV représente un ensemble électrogène de 550 à 600 chevaux, constitué par une machine à vapeur à distribution par soupapes, compound-tandem et à condensation actionnant un alternateur-volant calé sur son arbre et tournant à la vitesse de 105 tours par minute. Cet ensemble peut servir de type pour une machine d'épuisement qui comporterait un moteur de cette puissance.

L'accouplement direct n'est évidemment à recommander que pour les machines d'une certaine importance. Pour les petites unités, il conduirait à l'emploi de dynamos de dimensions excessives par rapport à leur puissance, à moins d'avoir recours aux machines à vapeur verticales à grande vitesse ; mais ces machines verticales sont d'une surveillance et d'un entretien difficiles en même temps que d'un fonctionnement peu économique ; leur usage ne s'impose guère que dans le cas où l'on est très limité pour la place. En principe, il me paraît que l'on ne devra guère descendre au-dessous de 80 à 100 kilowatts pour l'accouplement direct des dynamos avec les machines à vapeur horizontales. Encore faudra-t-il que ces moteurs à vapeur soient susceptibles de marcher à une allure assez rapide (140 à 180 tours par minute). Une dynamo de 100 à 110 kilowatts à courants continus (250 volts), tournant à la vitesse de 140 tours par minute, coûte

environ 15.000 francs sans l'arbre ni les paliers qui font partie de la machine à vapeur. Une dynamo de même puissance, choisie dans les séries normales des constructeurs-électriciens, tournant à 400 tours coûterait 12.000 francs environ, avec son rhéostat, sa poulie et ses glissières mais sans la courroie.

Canalisations électriques. — Choix du courant.

En raison de la longueur des lignes de transport de force et de l'importance de l'énergie transportée, on est conduit à installer, entre la génératrice et le moteur, des câbles de grande section dont le prix constitue une fraction importante du coût total de l'installation d'une machine d'épuisement électrique. On comprend donc que l'on cherche à réduire le plus possible les sections des conducteurs. Mais d'autre part, la chute de potentiel par effet Joule dans une ligne de longueur $2 L$ (aller et retour) et de section S transportant du *courant continu* s'exprime par la formule

$$\Delta E = \frac{2 L \rho I}{S \times 10^6}$$

ρ désignant la résistance spécifique du cuivre (1,6 michrom-centimètres).

I l'intensité du courant en ampères.

Si L est exprimé en centimètres et S en centimètres carrés, ΔE est la chute de potentiel en volts. La perte d'énergie exprimée en watts est donc :

$$\Delta W = \Delta E \cdot I = \frac{2 L \rho I^2}{S \times 10^6} \quad (1)$$

On peut mettre sous une forme analogue à la précédente la formule qui donne la perte d'énergie dans une canalisation pour courants *triphasés*. Soit E la tension

composée, c'est-à-dire la différence de potentiel entre fils, exprimée en volts, W la puissance à transmettre exprimée en watts, L la longueur en centimètres de l'un des 3 conducteurs φ l'angle de décalage, i le courant en ampères dans l'un des conducteurs. On a :

$$W = E i \sqrt{3} \cos \varphi$$

d'où

$$i = \frac{W}{E \sqrt{3} \cos \varphi}$$

La perte d'énergie totale est :

$$\Delta W = 3 R i^2 = 3 \frac{L \rho i^2}{S \times 10^6} = \frac{L \rho}{S \times 10^6} \cdot \frac{W^2}{E^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \varphi}$$

Posons :

$$\frac{W}{E} = I$$

il vient :

$$\Delta W = \frac{L \rho I^2}{S \times 10^6 \times \cos^2 \varphi} \quad (2)$$

L'intensité fictive I s'obtient donc, comme pour le courant continu, en divisant la puissance transmise en watts par la différence de potentiel entre deux bornes (ou tension composée).

Si le courant était débité sur un circuit non inductif, on aurait $\cos \varphi = 1$. Dans le cas d'un transport de force desservant une pompe de grande puissance, $\cos \varphi$ est généralement compris entre 0,85 et 0,90.

On voit donc que, à tension égale et en ne considérant que les circuits non inductifs, la perte d'énergie pour une section donnée est moitié moindre avec le courant triphasé qu'avec le courant continu ; il est vrai que le poids du cuivre est une fois et demie plus grand puisqu'il y a 3 conducteurs au lieu de deux.

Quoi qu'il en soit, les formules (1) et (2) montrent

que pour diminuer la perte d'énergie on est conduit à diminuer I ou à augmenter S . Diminuer I revient à augmenter la force électromotrice E de telle sorte que la puissance $E I$ reste constante. Avec le courant continu la sécurité du fonctionnement (difficultés des isollements, différence de potentiel entre les lames du collecteur, etc.) exige que l'on ne dépasse guère 5 à 600 volts. Au contraire, avec les courants alternatifs ou polyphasés on peut facilement recourir aux tensions de 3.000 et même 5.000 volts qui sont déjà fréquentes dans les mines. La fameuse expérience de Laufen-Francfort (Exposition de Francfort 1891) a montré, il y a déjà dix ans, un transport *industriel* de 300 chevaux fait sur une distance de 175 kilomètres avec des courants alternatifs de 18.000 à 27.000 volts. Depuis cette époque de nombreuses applications ont été faites à 12.000, 15.000 et 20.000 volts. En Amérique, il existe des transports de force jusqu'à 40.000 volts (chute du Niagara). Il est donc presque toujours tout indiqué de transporter l'énergie au moyen des courants alternatifs ou polyphasés. D'ailleurs, lorsque la puissance à transporter est importante et la distance considérable, l'emploi du courant continu conduirait à des sections de conducteurs pratiquement irréalisables. Ex : Soit à transporter une puissance de 400 kilowatts à 5 kilomètres avec du courant continu à 500 volts et moyennant une perte d'énergie de 10 %, ce qui est déjà considérable. La formule (1) donne :

$$S = \frac{2 \times 5.000 \times 10^3 \times 1.6 \times 800^2}{10^6 \times 40.000} = 25^{cm^2},6$$

soit un câble de 57^{mm},5 de diamètre !

En admettant la même perte en courant triphasé à 3.000 volts et en supposant $\cos \varphi = 0,85$ on aurait :

$$S = \frac{5.000 \times 10^2 \times 1.6 \times 100^2}{10^6 \times 40.000 \times 0,85^2} = 1^{cm^2},07$$

soit un câble de 11^{mm},7 de diamètre.

Dans l'établissement des projets, il sera bon de prendre pour la résistance spécifique du cuivre la valeur 2 microhmcentimètres.

Les courants alternatifs et polyphasés présentent par rapport au courant continu un certain nombre d'autres avantages ; on peut citer les suivants :

Les transformateurs à courant alternatifs ou polyphasés sont des appareils fixes tandis que les transformateurs à courant continu sont de véritables dynamos en mouvement, nécessitant autant de soins et sujettes aux mêmes accidents que les dynamos génératrices ou réceptrices. Un transformateur à courants triphasés, noyé dans la paraffine, ne peut être endommagé que par les accidents de nature électrique ; il n'est exposé à aucun accident d'ordre mécanique.

Dans les dynamos à champ tournant, l'inducteur seul (stator) qui est immobile, reçoit le courant à haute tension et il ne règne dans l'induit (rotor), ou partie tournante, qu'une tension peu élevée. Un moteur à champ tournant peut être considéré comme un transformateur dont l'inducteur serait le circuit primaire et l'induit le circuit secondaire. Au contraire, dans les moteurs à courant continu, le courant à haute tension doit passer dans les balais et le collecteur, c'est-à-dire dans les parties les plus délicates de l'appareil.

Les dynamos et moteurs à courant alternatif ne présentent ni collecteur ni balais, ce qui augmente la sécurité du fonctionnement, diminue les risques d'accidents et les frais d'entretien, et enfin conduit à adopter des emplacements moindres puisqu'on n'a pas besoin de circuler constamment autour des moteurs.

La suppression des collecteurs et balais supprime du même coup les étincelles qui, en dehors des dégâts qu'elles causent au matériel, sont un danger constant pour les mines grisouteuses. Cela est si vrai que, dans nombre de cas, l'administration des mines n'a permis l'usage que du courant alternatif.

Enfin les moteurs à courant alternatif ou polyphasé sont d'une construction plus simple et plus robuste que celle des moteurs à courant continu.

On reproche, il est vrai, aux moteurs à courants alternatifs leur difficulté de mise en marche en charge. Le courant absorbé dans la période de démarrage est bien supérieur au courant normal ; mais on a imaginé des dispositifs (résistances variables dans l'induit, dispositif Boucherot, etc.) qui permettent de démarrer en charge aussi facilement qu'avec un moteur à courant continu. Le moyen le plus simple, toujours applicable avec des pompes qui utilisent une dynamo spéciale, consiste à mettre en marche le moteur du fond au moyen de la génératrice du jour. Dans ce cas, il est vrai, il faut disposer d'une source d'excitation indépendante.

Dans cet ordre d'idées, lorsque la dynamo génératrice et la réceptrice sont peu éloignées, et lorsque la première sert uniquement à l'alimentation de la seconde, on peut réaliser un transport de force très simple et très économique par l'emploi de deux dynamos à *courant continu* excitées en *série*. Les deux dynamos sont simplement reliées par le câble de transport de force sans interposition d'aucun tableau de distribution, ni d'appareil de manœuvre ; la mise en marche de la réceptrice du fond se fait par la machine à vapeur ; la valve de prise de vapeur remplace le rhéostat de démarrage et on peut obtenir toutes les vitesses depuis zéro jusqu'au maximum dont est capable la machine. On peut même, dans ce cas, avoir des tensions relativement élevées

pour le transport de force en groupant en série deux dynamos génératrices permettant d'atteindre 1.000 à 1.200 volts sur la ligne.

On reproche aussi aux moteurs à champ tournant d'avoir une faculté de surcharge très faible. Mais cet inconvénient est négligeable pour des pompes qui exigent un travail rigoureusement constant.

Nous avons vu qu'il y avait intérêt, pour diminuer la section des conducteurs, à adopter des tensions élevées; mais les pompes électriques sont généralement placées dans des lieux humides où il est très difficile d'assurer l'isolement des moteurs à haute tension. On est donc conduit, dans nombre de cas, à installer un transformateur avant le moteur de la pompe; cet appareil doit, bien entendu, être placé aussi près que possible du moteur. Quant à la dynamo génératrice, elle est placée au jour dans un local sec, et on peut l'établir pour débiter directement sur la ligne le courant à haute tension. Quelquefois, en vue d'augmenter la sécurité du personnel et la robustesse de la génératrice, on a construit cette dernière pour courant à basse tension et placé un transformateur de départ en tête de la ligne. Cette disposition n'est pas à recommander car elle complique l'installation d'un appareil supplémentaire qui occasionne une perte d'énergie de 5 à 6 %. Elle ne me paraît intéressante que dans le cas où l'on a l'utilisation d'une grande partie de l'énergie produite près de la génératrice.

On ne s'astreint plus maintenant à isoler de la terre les masses des appareils à haute tension (dynamos génératrices et réceptrices, transformateurs), on cherche au contraire à réaliser un contact permanent de ces masses avec la terre; par suite, si un contact vient à s'établir entre le bobinage à haute tension et la masse, celle-ci

reste au potentiel de la terre et peut être touchée impunément par le personnel.

Cela posé, lorsqu'on a fait choix du courant et de la tension, il reste à déterminer la section du conducteur. Lord Kelvin a posé la règle économique suivante :

Le transport le plus économique de l'énergie électrique s'obtient lorsque le prix de l'énergie annuellement perdue dans la ligne est égal à l'intérêt et amortissement du capital engagé dans cette ligne.

Ce qui s'exprime par la formule

$$S^2 = \frac{\rho l^2 T n}{m p K}$$

dans laquelle T représente le nombre de secondes de fonctionnement annuel, n le prix de revient du Joule à la station de départ, K un coefficient égal à 0,0178, p le prix de la tonne de câble, m le taux par franc de l'intérêt et de l'amortissement.

Cette formule conduit quelquefois à des sections inacceptables pratiquement, en raison des conditions de température. Il faudra donc vérifier dans chaque cas si la section trouvée ne conduit pas à une densité de courant susceptible d'occasionner des échauffements dangereux.

Au point de vue de leur construction, les câbles souterrains sont à isolement fort, entourés de caoutchouc et de plomb, et armés de feuillets, pour les parties placées horizontalement, et de fils d'acier pour les parties ayant à supporter leur poids dans le puits.

Les câbles à haute tension doivent être placés au-dessus d'un filet protecteur, tout au moins dans les passages chemins, les filets métalliques en question doivent être reliés à la terre de distance en distance, de façon que le câble, rompu accidentellement et tombant sur ces filets, soit mis immédiatement au potentiel de la terre.

Installation souterraine.

Différentes solutions ont été adoptées pour actionner électriquement les pompes souterraines. Jusqu'à ces dernières années, on considérait la vitesse de 75 tours par minute comme une limite qu'il n'était pas prudent de dépasser pour des pompes à pistons. Encore cette limite n'était-elle atteinte que pour des pompes de faible puissance. Pour les grosses unités, on s'arrêtait à 50 ou 60 tours. Mais les moteurs électriques ont des vitesses bien supérieures à ces chiffres ; de là l'emploi de relais d'engrenages, courroies, câbles, interposés entre la dynamo réceptrice et la pompe ; seules quelques très grosses pompes, comme celles de la mine Zollverein, avaient été accouplées directement aux dynamos. Nous verrons plus loin que le problème des pompes à grande vitesse actionnées directement par moteurs électriques a été résolu depuis par plusieurs constructeurs.

Lorsqu'on emploie une transmission intermédiaire (et c'est encore le cas le plus général), les engrenages sont préférables aux courroies. Ces dernières, exposées à l'humidité de la mine, se relâchent et demandent à être souvent retendues ; d'autre part, elles sont sujettes au glissement et peuvent même tomber. L'engrenage, au contraire, assure une transmission certaine et il est facile d'atténuer considérablement, sinon de supprimer tout à fait le bruit par l'emploi de pignons en cuir pour les petites pompes et d'engrenages bien taillés et à denture inclinée ou à chevrons pour les grosses. Quant à la perte d'énergie par un harnais d'engrenages, elle n'est pas plus considérable que pour une courroie.

Pour obtenir une régularité suffisante dans l'effort résistant, et éviter les à-coups sur les dynamos, il faudra employer des pompes à plusieurs corps. La

combinaison de deux pompes différentielles attelées sur un même arbre donnera de bons résultats.

Certains constructeurs, en vue d'obtenir un groupe moins encombrant, ont adopté la commande des pompes par roue hélicoïde et vis sans fin. Cette disposition, qui peut conduire à des dispositions esthétiques assez heureuses, ne paraît pas recommandable en raison du mauvais rendement des vis sans fin. Pourtant, avec des vis à *pas très incliné et bien taillées*, on peut obtenir des résultats satisfaisants. La Société des Mines de la Loire a installé récemment une pompe de ce système élevant 25 mètres cubes d'eau par heure à la hauteur de 350 mètres.

Le principal obstacle à l'accroissement de vitesse des pompes à pistons est la difficulté d'obtenir un bon fonctionnement des soupapes aux allures vives. Certains constructeurs, comme Ehrardt et Sehmer, ont pu obtenir des vitesses de 200 à 240 tours par minute avec des pompes à 3 corps munies de soupapes annulaires ordinaires mais présentant de très larges sections de passage avec des levées très faibles. D'autres ont eu recours à des soupapes à fermeture commandée (Riedler-Stumpf) dont la description a été donnée plus haut. On pouvait voir en fonctionnement, à l'Exposition Universelle de 1900, une pompe Ehrardt et une pompe Riedler actionnées directement par des moteurs électriques tournant à la vitesse de 240 tours par minute et établies pour un débit de 1.000 à 1.200 litres par minute avec une hauteur d'élévation de 250 mètres.

Voici d'ailleurs la description rapide de ces pompes résultant des indications des constructeurs :

Pompe Ehrardt et Sehmer. — L'appareil comporte trois pistons à simple effet de 105 millimètres de diamètre et 200 millimètres de course, actionnés par un

arbre à trois coudes. Toutes les articulations et parties frottantes sont graissées abondamment par une petite pompe à huile. De plus, les presse-étoupes sont lubrifiés par un graisseur Mollerupt.

La pompe marchant à la vitesse de 200 à 250 tours peut épuiser 1.000 à 1.250 litres par minute à une profondeur de 250 à 300 mètres. Le moteur de l'Exposition tournait à 210 tours, ce qui correspondait à un débit théorique de 1.090 litres, soit 1.000 litres en comptant sur un rendement volumétrique de 92 %. En réalité, le rendement volumétrique est, paraît-il, de 94 %.

Une petite pompe à air actionnée par un excentrique calé sur l'arbre principal refoule constamment de l'air dans le réservoir d'air de la conduite de refoulement. Chacun des corps de pompe est d'ailleurs pourvu d'une cloche à air placée au-dessus de la chapelle de refoulement. L'ensemble de la pompe est représenté par la Fig. 16. La Fig. 17 montre une coupe faite par l'un des corps de pompe.

Pompe Riedler. — Les pompes express Riedler mises en marche industrielle pour la première fois au commencement de l'année 1899 aux salines ducales de Léopoldstall, près de Stassfurt, méritent une mention spéciale en raison des particularités intéressantes qu'elles présentent.

La Fig. 18 représente, d'après une photographie, la pompe électrique qui figurait à l'Exposition de 1900.

Les parties essentielles sont les soupapes d'aspiration et de refoulement dont la description a été donnée plus haut. (Page 830.)

La pompe est à pistons différentiels ; elle présente, comme particularités intéressantes, un grand réservoir d'air à l'aspiration ; les constructeurs se sont proposé, par l'emploi de ce réservoir d'air, de supprimer les

interruptions dans la colonne d'eau aspirée et de maintenir constamment l'eau au voisinage de la soupape d'aspiration, condition indispensable pour un bon ren-

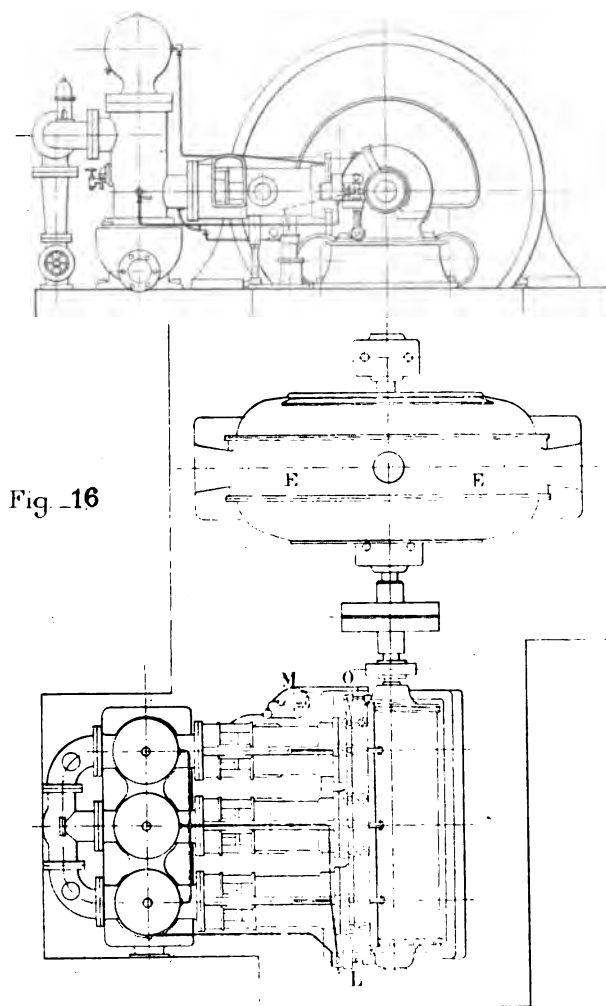
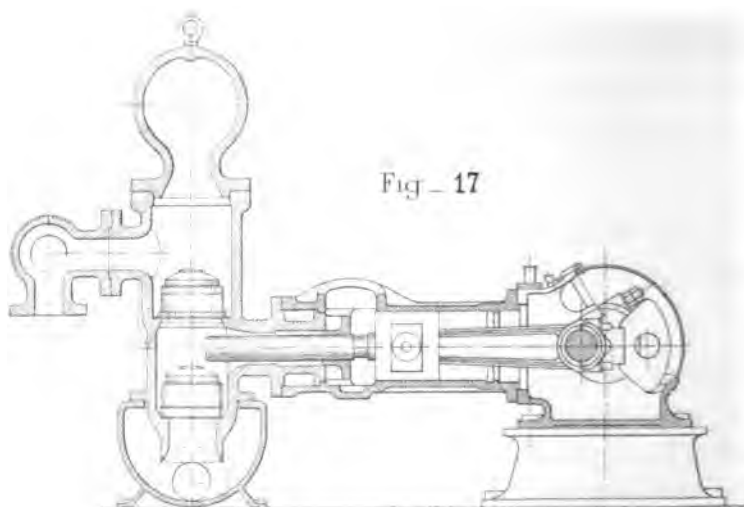


Fig. 16

dement dans une pompe dont les clapets s'ouvrent et se ferment jusqu'à 300 fois par minute. Un petit compresseur actionné par l'arbre principal aspire l'air

dans le réservoir d'aspiration et le comprime dans le réservoir de refoulement ; le fonctionnement de ce compresseur est intermittent ; un petit clapet latéral manœuvrable à la main permet de faire aspirer ou refouler dans l'atmosphère.

Le graissage du presse-garnitures est facilité par l'emploi de l'eau sous pression. A cet effet, une petite presse de graissage, placée sur le côté et visible sur la photogravure, est mise en communication avec le refoulement de la pompe par un petit tuyau en cuivre à



travers lequel la pression de l'eau se transmet jusqu'au lubrifiant.

La pompe exposée en 1900 avait un piston différentiel de 90 et 120^{m/m} de diamètre et 150^{m/m} de course ; la vitesse était de 290 tours par minute.

Pompe Bergmann. — Cette pompe, dont une coupe est donnée par la FIG. 19, est caractérisée par la présence de deux soupapes de refoulement s'ouvrant successivement. L'inventeur s'est proposé, par ce moyen,

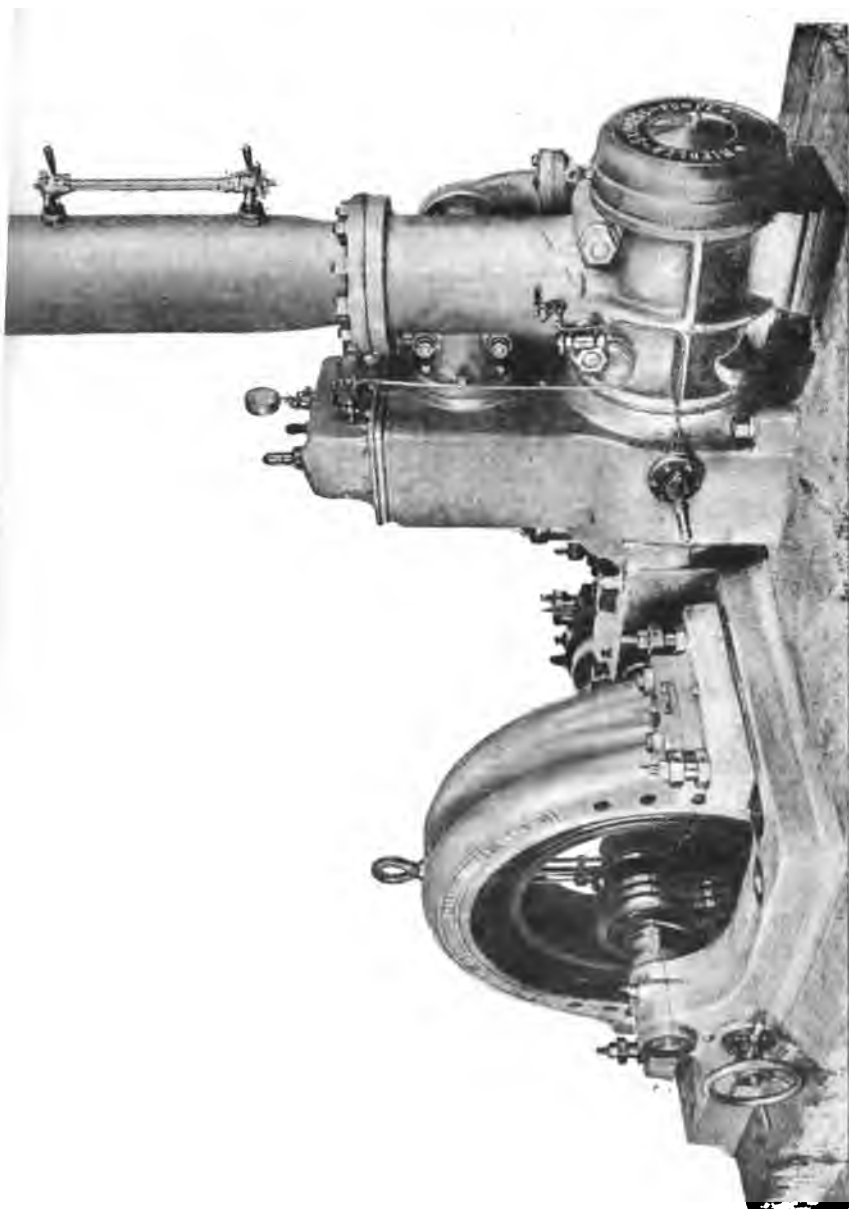
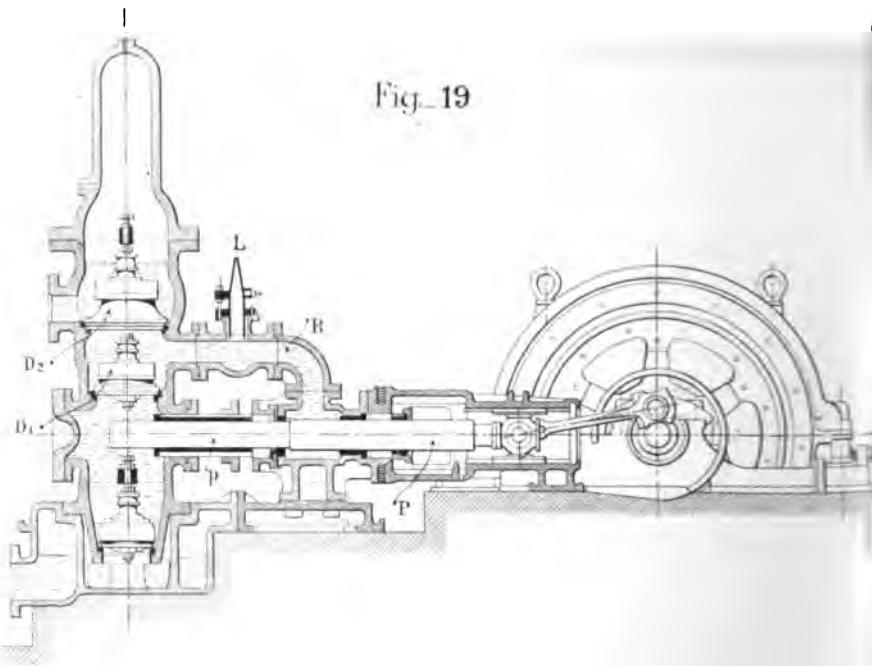


FIG. 18 — POMPE-EXPRESS RIEDLER

de supprimer l'application brusque de l'effort maximum sur les soupapes et sur les pistons au commencement de chaque course foulante, et d'obtenir au contraire une application très progressive de cet effort.

Ce résultat a été obtenu de la manière suivante :

Le piston a deux diamètres différents comme dans les pompes différentielles, mais, à l'inverse de ces dernières, c'est la partie de petit diamètre qui sert de



plongeur. Entre la soupape de refoulement D_1 et le réservoir d'air est intercalée une deuxième soupape D_2 ; on constitue ainsi un espace R à volume variable par suite du déplacement du piston différentiel p . Cette chambre est pourvue d'un petit réservoir d'air L à volume variable à volonté; ce réservoir L est muni d'un petit reniflard.

Supposons le piston parti de son point mort arrière

et parcourant sa course aspirante ; dans le corps de pompe, tout se passe comme dans une pompe ordinaire, mais le volume R augmente ; l'air qui avait été comprimé en L pendant la course foulante précédente se détend, le volume du réservoir L a été réglé de façon que la détente abaisse la pression de l'air jusqu'à la valeur de la pression atmosphérique ; si, par suite de la dissolution, cette pression tendait à s'abaisser davantage, le reniflard s'ouvrirait pour laisser passer une certaine quantité d'air. Si maintenant le piston revient en arrière, la soupape de refoulement D_1 s'ouvre sans effort, car elle supporte seulement la pression atmosphérique ; peu à peu la pression croît dans le volume formé par le corps de pompe et la chambre R et elle atteint progressivement la valeur de la pression qui règne dans la colonne d'exhaure. A ce moment, la soupape D_2 se soulève et les deux soupapes D_1 et D_2 restent ouvertes jusqu'à la fin de la course foulante ; les mêmes phénomènes se reproduisent à chaque tour.

On voit donc que la soupape D_1 s'ouvre sans avoir à vaincre la pression de la colonne de refoulement et que la soupape D_2 s'ouvre sous l'effet de pressions progressivement croissantes. La présence du petit réservoir d'air auxiliaire L a en outre pour effet d'éviter les changements de sens des efforts sur le piston : pendant la course aspirante, ce piston est comprimé par l'air contenu dans le réservoir L_1 , pendant la course foulante il est comprimé par l'eau du corps de pompe ; cette invariabilité du sens des efforts est intéressante au point de vue des chocs dans les articulations de la bielle ; elle entraîne, il est vrai, l'emploi de portées plus grandes pour les tourillons parce que le graissage se fait moins bien que lorsqu'il y a changement du sens des efforts.

Les vitesses généralement usitées pour les pompes

Bergmann sont de 150 à 175 tours par minute pour des débits de 2 à 4 mètres cubes par minute avec des hauteurs d'élévation de 150 à 485 mètres.

Pompe Jandin. — L'appareil auquel M. Jandin a donné le nom de *pompe à débit constant* est constitué par deux corps de pompe dans chacun desquels se meut un piston à double effet. Les deux pistons ont leurs manivelles calées à 120° . L'ensemble comporte six soupapes dont deux faisant communiquer entre eux les deux corps de pompe. La Fig. 20 donne le schéma

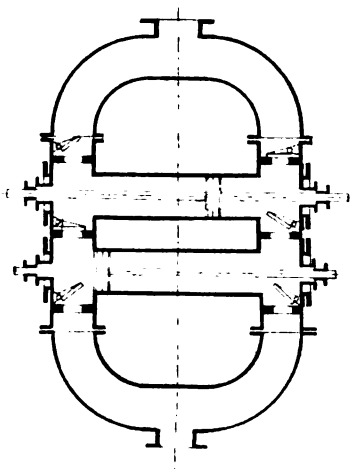


Fig. 20

de cette disposition. En faisant l'épure du mouvement des pistons (1), on voit que la quantité d'eau débitée par douzième de tour est constante, et que le débit par tour est égal à trois fois le volume de l'un des corps de pompe.

Les pompes Jandin de grande puissance sont établies pour des vitesses voisines de 120 tours par minute.

(1) Voir le *Génie Civil* du 27 avril 1895.

Observations au sujet des pompes à grande vitesse.

Les pompes à grande vitesse de l'Exposition de 1900 ont été très admirées ; leurs constructeurs les avaient d'ailleurs présentées dans un cadre très somptueux et l'on doit reconnaître que les deux modèles exposés présentaient un fini d'exécution très remarquable et qu'ils constituent une solution fort élégante de l'attaque directe des pompes à pistons par les électromoteurs.

Pourtant, il me paraît que l'on a beaucoup exagéré, au début, les qualités de ces appareils, et d'ailleurs, bon nombre d'ingénieurs sont déjà un peu revenus de leur impression première et estiment que, pour les faibles et moyens débits, au moins, la pompe électrique avec engrenages peut lutter avantageusement avec les pompes à grande vitesse actionnées directement par l'électromoteur.

Les deux principaux avantages revendiqués par les constructeurs en faveur des pompes à grande vitesse sont la diminution de l'encombrement et l'augmentation du rendement.

En ce qui concerne le premier point, je ne crois pas qu'il y ait un avantage très marqué en faveur des pompes dites express. Si en effet, on supprime l'engrenage intermédiaire et si l'on diminue la course et le diamètre des pistons et des corps de pompe, on n'en est pas moins obligé de conserver des boîtes à clapets et canaux de grandes dimensions pour donner à l'eau des sections de passage suffisantes ; les réservoirs d'air doivent être au moins aussi importants que dans les pompes ordinaires. D'autre part, l'électromoteur tournant à une vitesse relativement faible a des dimensions plus grandes que dans la pompe à engrenages intermédiaires. Je pourrais citer une mine dans laquelle la

galerie d'accès de la chambre souterraine a permis le passage de l'alternomoteur à vitesse normale devant actionner une pompe à engrenage, de 120 mètres cubes à l'heure mais n'eût pas été suffisante pour le passage de l'alternomoteur à vitesse réduite d'une pompe rapide. Or, la construction en plusieurs pièces des moteurs présente des difficultés de construction assez grandes pour que les électriciens n'aiment guère l'adopter. Pour la pompe de la mine Marianne, la difficulté de construire un alternomoteur en plusieurs pièces a fait préférer la commande par courroie. Dans bien des cas la descente dans les puits pourra présenter des difficultés de cet ordre.

Au point de vue du rendement, il est certain que la suppression des engrenages ou courroies intermédiaires supprime une perte d'énergie inévitable avec les pompes ordinaires; mais, d'autre part, le rendement volumétrique d'une pompe dont les clapets s'ouvrent et se ferment 250 à 300 fois par minute doit être notablement inférieur à celui d'une pompe à allure lente. La maison Ehrardt accuse un rendement volumétrique de 92 à 94 % pour ses pompes; les pompes à allure lente peuvent atteindre 98 %; c'est le cas de la pompe Kaselowsky de la Compagnie de Madrid-Saragosse dont les résultats d'essais ont été rapportés plus haut. Une pompe à vapeur de la Société des Mines d'Anzin a accusé un rendement volumétrique de 97 %.

Je n'ai pu me procurer que deux séries d'essais de pompes à grande vitesse; ce sont ceux effectués au laboratoire technique de l'école supérieure de Berlin sur la pompe Riedler à 3 corps de Léopoldshall et sur une pompe de même système à un seul corps (1). De ces essais, il résulte que, pour une pression de

(1) Zeitschrift des Vereins deutscher ingenieure, 6 janvier 1901

20 atmosphères, ce qui correspond à une hauteur d'élévation de 200 mètres environ, le rendement mécanique de la pompe était le suivant :

A 100 tours..... 84 %.

A 200 tours..... 76 %.

Il y a donc une perte de 8 % sur le rendement pour le passage de 100 à 200 tours. Un harnais d'engrenages bien taillés n'occasionnerait pas une perte aussi considérable.

La seconde série d'essais a conduit à une constatation assez inattendue, à savoir que le rendement volumétrique croît avec la vitesse; c'est ainsi qu'à 100 tours ce rendement était de 94,5 %, tandis qu'il atteint 98 % pour une vitesse de 200 tours. Ces deux résultats (augmentation du rendement volumétrique et diminution du rendement mécanique) ne peuvent guère se concilier qu'en admettant que les résistances passives croissent très rapidement avec la vitesse. Au reste, le deuxième rendement demanderait à être confirmé par d'autres séries d'essais.

Quoi qu'il en soit, il est assez difficile, faute de résultats d'essais assez nombreux, de dire de quel côté serait l'avantage, mais je ne crois pas qu'il y ait une grande différence au point de vue du rendement entre les pompes à grande vitesse et les pompes ordinaires à transmissions intermédiaires.

Par contre, il est à craindre que les pompes-express ne soient sujettes à une usure rapide quel que soit le soin apporté à leur construction, et ne conduisent à des frais d'entretien considérables. On doit attendre, avant de se prononcer à ce sujet, que les pompes à grande vitesse, encore toutes récentes dans les mines, aient subi l'épreuve du temps. C'est dans quelques années

seulement que l'on pourra porter un jugement définitif sur ces engins au sujet desquels on ne possède pas encore un nombre suffisant d'éléments d'appréciation.

Description d'une machine d'épuisement à transmission électrique.

A défaut de grande machine d'épuisement électrique française, je décrirai, d'après le « Zeitschrift des Vereins deutscher ingenieure » (1) et d'après la « Revue noire » (2), la machine installée à Hôutrop, près Bochum (Allemagne), par la « Société générale d'électricité de Berlin ».

Cette installation, mise en marche en juin 1898, est l'une des plus puissantes qui existent.

Les conditions à remplir sont les suivantes :

Débit par minute..... 6^m³
Hauteur totale d'élévation.. 450 mètres.

Soit une puissance utile de 600 chevaux.

Station génératrice. — La force motrice est produite par une machine à vapeur construite par les ateliers de Gorlitz; cette machine est compound avec réservoir intermédiaire et à distribution par soupapes, système Collmann. Les données principales sont :

Alésage du petit cylindre.....	0 ^m ,800
Alésage du grand cylindre....	1 ^m ,200
Course.....	1 ^m ,100
Vitesse de rotation.....	100 à 105 tours.
Pression à l'admission.....	7 kilos.
Puissance de régime.....	1.000 chevaux.

(1) 3 décembre 1898.

(2) 4 février 1900.

La dynamo génératrice calée directement sur l'arbre de la machine à vapeur est à courants triphasés ; la tension est de 2.000 volts ; le nombre d'alternances est de 49, soit 24,5 périodes par seconde. L'induit a 3^m,80 de diamètre ; le bâti en acier constitue le circuit magnétique. L'enroulement à haute tension est fait au moyen de barres isolées de la carcasse en tôle par une enveloppe de mica. Pour faciliter l'accès de toutes les barres, la carcasse entière est susceptible de prendre un mouvement de rotation autour de son axe ; on peut ainsi effectuer aisément une réparation en un point quelconque du circuit à haute tension. L'inducteur, ou partie tournante, est à 28 pôles fixés sur une roue d'acier faite en 4 parties. Une petite dynamo excitatrice à courant continu fournit le courant d'excitation à la dynamo principale. Cette excitatrice, tournant à la vitesse de 250 tours, débite du courant continu à 110 volts ; elle est actionnée par un moteur à vapeur de 250^m/m d'alésage et 250^m/m de course (puissance, 20 chevaux).

Le tableau de distribution placé au jour comporte tous les appareils de manœuvre et de sécurité nécessaires et, en outre, le rhéostat de démarrage de la pompe souterraine.

L'installation de la surface comporte encore un condenseur Weiss à contre-courant (*gegenstrom-condensator*) qui permet d'obtenir un vide moyen de 70 centimètres de mercure.

Ligne de transport de force. — La ligne est constituée par 3 câbles en cuivre ayant chacun 65 millimètres carrés de section et soutenus par deux câbles armés de 50 millimètres carrés.

Installation souterraine. — L'électromoteur du fond actionne deux pompes à pistons différentiels au

moyen de 28 câbles ronds en chanvre de 50^m/^m de diamètre qui s'enroulent d'une part sur le volant placé entre les deux pompes, d'autre part sur la poulie à gorge du moteur dont la puissance est de 750 chevaux.

La poulie de l'électromoteur, tournant à la vitesse de 180 tours par minute, a un diamètre de 1^m,750 ; le volant calé sur l'arbre des pompes a 7 mètres de diamètre et tourne à la vitesse de 45 tours par minute.

Les pompes sont caractérisées par les données suivantes :

Diamètre des gros plongeurs.....	300 ^m / ^m
Diamètre des petits plongeurs.....	212
Course.....	1 mètre.

Les soupapes d'aspiration et de refoulement sont à 4 clapets annulaires étagés.

Les dimensions de la chambre souterraine sont les suivantes : Longueur 14 mètres ; largeur 7^m,40 ; hauteur 6 mètres.

D'après la « Revue Noire », l'installation de cette remarquable machine d'épuisement (machinerie du jour, appareils de condensation, machinerie du fond), le tout prêt à entrer en service, aurait coûté 562.500 francs.

Données principales et résultats d'essais de quelques machines à transmission électrique.

I. — Pompe de la fosse Lambrecht, Compagnie des mines d'Ansin.

L'installation comporte une machine à vapeur, monocylindrique, avec enveloppe de vapeur à détente variable à la main et à condensation. Cette machine actionne une dynamo génératrice à courant continu à 4 pôles, établie pour fournir le courant avec une diffé-

rence de potentiel aux bornes de 500 volts. La réceptrice est également à 4 pôles. La pompe du fond est à trois corps horizontaux avec manivelles calées à 120° et est actionnée par la réceptrice au moyen d'engrenages par l'intermédiaire d'un accouplement Raffard.

Les données principales des divers appareils sont les suivantes :

Machine à vapeur.	{	Diamètre du piston.....	0 ^m ,500
		Course du piston.....	0 ^m ,800
		Vitesse.....	75 tours.
Dynamo génératrice.	{	Différence de potentiel aux bornes.....	500 volts.
		Excitation.....	compound.
		Vitesse.....	500 tours.
		Débit en ampères.....	125 —
Dynamo réceptrice.	{	Vitesse.....	400 tours.
		Excitation.....	dérivation.
Ligne de transport de force.	{	Longueur.....	400 ^m
		Section : 2 câbles armés ayant chacun.....	75 ^{mm}
		Densité maxima de courant.....	1,7 ampère.
Pompe à trois corps.	{	Diamètre des pistons.....	0 ^m ,110
		Course des pistons.....	0 ^m ,250
		Vitesse normale....	68 tours.
Chambre souterraine.	{	Longueur.....	5 ^m ,83
		Largeur.....	3 ^m ,50
		Hauteur sous clef.....	3 ^m ,10
Conduite de refoulement en tuyaux d'acier.	{	Diamètre intérieur.....	100 ^{mm}
		Diamètre extérieur.....	110 à 112

Outre les organes précédents, l'installation comporte deux tableaux de distribution, placés l'un au jour, l'autre au fond, comprenant les appareils de mise en marche, de mesures et de sécurité.

Résultats d'essais. — Le tableau suivant donne les résultats de deux séries d'essais effectués sur cette installation.

	1 ^{re} expérience	2 ^e expérience
Eau refoulée pendant 1 heure.....	28,857 ^{m3}	30,411 ^{m3}
Nombre total de tours de l'arbre des pompes.....	4,325	4,506
Nombre de tours par minute.....	72	75
Volume total engendré par heure...	30,282 ^{m3}	31,549 ^{m3}
Rendement volumétrique.....	0,953	0,964
Hauteur d'aspiration.....	2,72	2,92
Hauteur de refoulement.....	368,48	368,48
Hauteur totale d'élévation.....	371,20	371,40
Travail en eau élevée.....	39,6 chevaux.	41,8 chevaux.
Force électromotrice en volts aux bornes de la génératrice.....	428	419
Intensité du courant, en ampères....	86	94
Travail disponible aux bornes de la génératrice.....	50 chevaux.	53,5 chevaux.
Travail indiqué aux diagrammes....	79,2 chevaux.	82,9 chevaux.
Rendement total.....	0,50	0,5005

II. — Pompe du puits Magny des mines de Blanzy (1).

La pompe souterraine est à deux corps; elle est actionnée par un moteur à courants alternatifs construit par les ateliers d'Oerlikon. Le courant est fourni par le réseau général qui alimente un certain nombre d'autres appareils.

La pompe est actionnée par le moteur avec un seul relai d'engrenages, le pignon calé sur l'arbre du moteur attaquant directement la roue calée sur l'arbre des pompes. Le rapport des engrenages est de 5,8. Cette disposition a donné lieu à quelques déboires; les engrenages en fonte se sont cassés à plusieurs reprises. Je pense qu'il y aurait eu avantage à effectuer la réduction

(1) *Bulletin* de la Société de l'Industrie minière, 1^{re} livraison 1899.

du nombre de tours de 580 (dynamo) à 100 (pompes) au moyen de deux relais, quitte à perdre un peu sur le rendement, par suite de la présence d'engrenages intermédiaires.

De plus, les engrenages existants sont très bruyants. On éviterait cet inconvénient par l'emploi d'un pignon en cuir calé sur l'arbre du moteur. Ces pignons, dont l'usage se répand de plus en plus dans les organes de ponts-roulants, treuils, etc., donnent une marche absolument silencieuse et font un excellent usage. L'industrie livre actuellement des galettes de cuirs superposés, comprimés et soumis à une préparation spéciale qui se taillent à la fraise comme les pignons métalliques.

Les données principales de la pompe de Blanzky sont les suivantes :

Diamètre des pistons plongeurs.....	105 ^{mm}
Course.....	220
Nombre de tours de l'arbre des pompes.....	100
Nombre de tours du moteur.....	580
Hauteur totale d'élévation.....	300
Débit par heure.....	43 ^{m³}

M. Goichot, ingénieur aux mines de Blanzky, a fait quelques essais de rendement sur la pompe du puits Magny. Ces essais, malheureusement interrompus par les accidents successifs survenus aux engrenages, sont résumés par lui comme suit :

Moyenne du voltage au moteur.....	700 volts composés
Débit moyen en ampères mesurés au moteur.....	50
Rendement du moteur.....	90 %
Décalage.....	0,85
Watts apparents.....	60,550

Watts réels.....	51,450
Débit jaugé au jour.....	11 ^l ,5 par seconde
Perte dans les tuyaux.....	13 ^m de colonne d'eau soit 2 chev.
Rendement : $\frac{\text{eau élevée}}{\text{watts aux bornes du moteur}}$	61,4 %
Rend' : $\frac{\text{eau élevée}}{\text{chevaux indiqués par la machine}}$	43,5 %

Les rendements des deux installations précédentes sont relativement faibles et ne permettraient pas d'appliquer avantageusement la commande électrique pour les grands épuisements ; mais ils proviennent, en grande partie, de ce que les machines à vapeur et dynamos sont de faible puissance et ont des rendements organiques assez peu élevés. Dans les grandes machines d'épuisement, où l'énergie dépensée se chiffre par plusieurs centaines de chevaux, on emploie des machines et dynamos perfectionnées qui permettent d'atteindre des rendements beaucoup plus élevés que ceux que je viens de rappeler.

III. — Machine d'épuisement des puits I et II de la mine Zollverein (1)

(Haniel et Lueg, constructeurs, à Dusseldorf.)

La machine à vapeur, verticale, compound-tandem, à condensation, actionne directement la dynamo génératrice qui est à champ tournant, avec excitatrice calée directement sur l'arbre de la manivelle ; au fond, le moteur actionne directement les 2 pompes d'épuisement. On a donc réalisé le mode le plus immédiat de transport de l'énergie électrique.

(1) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 24 janvier 1899.

Données principales :

Volume d'eau épuisé par minute.....	3 ^m 3	
Hauteur totale d'élévation.....	405 ^m	
Machine à vapeur	{ Diamètre du cylindre à haute pression.....	700 ^{mm}
	{ Diamètre du cylindre à basse pression.....	1100 ^{mm}
	{ Course des pistons.....	500 ^{mm}
	{ Vitesse.....	135 à 150 t ^r
Dynamo génératrice	{ Différence de potentiel aux bornes	1000 volts.
	{ Nombre de fréquences par seconde.....	50
Excitatrice	{ Différence de potentiel aux bornes.....	110 volts.
	{ Débit en ampères	100

La ligne est constituée par deux câbles armés de 180 millimètres carrés de section, tels que chacun d'eux peut suffire au besoin pour le transport de toute l'énergie, en cas d'avarie à l'autre câble.

Pompes souterraines à pistons différentiels	{ Diamètre des petits pistons.	127 ^{mm}
	{ — grands —	180
	{ Vitesse	62 tours.

L'installation comporte en outre une petite dynamo indépendante à courant continu actionnée par une machine à vapeur et qui sert à fournir le courant d'excitation jusqu'au moment où la génératrice principale a atteint sa vitesse normale. Grâce à cette excitation supplémentaire obtenue avant la mise en marche du jour, le moteur du fond se met en marche en même temps que la machine du jour.

Le tableau de distribution de la génératrice comporte un régulateur en dérivation, actionné par un moteur de 1/4 de cheval et qui a pour objet de maintenir la tension constante.

Résultats d'essais.

Vitesse de la machine motrice... ..	142 tours.
Puissance indiquée.....	426 chevaux.
Vitesse de la pompe.....	60,2 tours.
Débit par minute.....	3.050 litres.
Hauteur d'élévation.....	411 mètres.
Puissance en eau élevée.....	278 chevaux.
Rendement $\frac{\text{eau élevée}}{\text{chevaux indiqués}}$	65,5 %.

En admettant une consommation de 7,5 kilos de vapeur par cheval indiqué à la machine motrice, on arrive à une consommation de 10^k, 65 de vapeur par cheval en eau élevée.

Les essais rapportés ci-dessus ont été faits immédiatement après la mise en marche de la machine (1897). Ils ont été renouvelés depuis, mais on n'a jamais atteint un rendement supérieur à 66 %.

Pompes souterraines centrifuges.

Les pompes centrifuges, dont l'emploi s'est rapidement généralisé dans l'industrie, n'ont encore reçu dans les mines qu'un nombre d'applications assez restreint. D'ailleurs, jusqu'à ces dernières années, on avait considéré que ces pompes ne pouvaient s'appliquer qu'aux faibles hauteurs d'élévation n'excédant pas 15 à 20 mètres, et leur emploi avait été limité aux applications où la hauteur de refoulement ne dépasse pas ces valeurs. On avait bien étendu un peu le champ d'application des pompes centrifuges en accouplant en série plusieurs de ces engins ; c'est ainsi que la maison Dumont a installé pour la ville de Neuchâtel un groupe de 4 pompes en tension qui élèvent 2^m³,5 d'eau par minute à la hauteur de 52 mètres.

Depuis quelques années, en augmentant la vitesse de rotation des pompes, on est arrivé à les appliquer pour des hauteurs de plus en plus grandes, et certains constructeurs, comme Schabaver, Sulzer, Sautter-Harlé, ont pu construire des pompes élevant l'eau d'un seul jet avec une seule roue jusqu'à 100 et même 200 mètres.

Les beaux travaux du professeur Rateau sur les turbo-machines ont jeté un grand jour sur cette question en permettant l'étude rationnelle des pompes centrifuges et de leurs conditions de fonctionnement. Il ne suffit pas, en effet, de savoir que l'on peut augmenter la hauteur de refoulement d'une pompe en augmentant sa vitesse de rotation ; il faut encore savoir approprier la pompe aux conditions de débit et de hauteur imposées ; dans les installations qui mettent en jeu une quantité d'énergie considérable comme les machines d'épuisement souterraines, le rendement prend une importance capitale et tout ingénieur soucieux de l'avenir de son

exploitation doit s'attacher à installer les appareils qui permettent de réaliser un épuisement donné dans les meilleures conditions économiques possibles. Or, dans la plupart des cas, les pompes centrifuges employées donnent un rendement très faible parce qu'elles ne sont pas appropriées à l'ouverture sur laquelle elles fonctionnent.

L'ouverture, grandeur analogue à l'orifice équivalent défini par M. Murgue, est la quantité $\frac{Q}{\sqrt{2gH}}$ dans laquelle Q est le débit par seconde, H la hauteur de refoulement. Le rendement mécanique de la pompe est une fonction de cette grandeur et pour chaque pompe il existe une ouverture dite de marche normale, pour laquelle le rendement est maximum. M. Rateau a généralisé cette notion d'ouverture en définissant l'ouverture réduite $\frac{Q}{r^2 \sqrt{2gH}}$ (r rayon de la roue), qui est indépendante des dimensions de la pompe et qui caractérise toutes les pompes géométriquement semblables.

Je n'entrerai pas dans le détail théorique des relations qui lient l'ouverture réduite au rendement mécanique ρ , au pouvoir manométrique $\mu = \frac{gH}{u^2}$ au pouvoir débitant $\delta = \frac{Q}{ur^2}$ et au coefficient de puissance $\tau = \frac{gT_m}{u^3 r^2}$; le lecteur trouvera cette intéressante étude de M. Rateau dans la *Revue de mécanique* (mai et septembre 1897). Je rappellerai seulement que dans les coefficients précédents u désigne la vitesse périphérique au bout des ailes de la roue mobile, T_m le travail moteur fourni sur l'arbre de cette roue.

Il me paraît utile néanmoins de rappeler ce que l'on entend par courbes caractéristiques d'une turbo-machine,

parce que ces courbes, tracées une fois pour toutes, permettent de se rendre exactement compte des conditions de fonctionnement en toutes circonstances d'une famille de pompes semblables.

Si l'on porte en abscisses les différentes valeurs du pouvoir débitant δ et en ordonnées les valeurs correspondantes de ρ , μ , τ , on obtient 3 courbes qui sont les courbes caractéristiques de la pompe étudiée et de toutes les pompes géométriquement semblables à elle.

Ces courbes ont l'aspect général représenté Fig. 21.

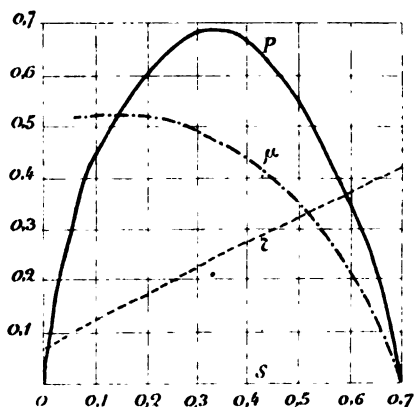


Fig. 21

En modifiant convenablement la forme des pompes et plus spécialement la courbure des ailes, on peut faire varier dans de grandes proportions le pouvoir débitant et le pouvoir manométrique, c'est-à-dire le débit et la hauteur du refoulement. On voit, d'après les formes des courbes, que les coefficients caractéristiques, et en particulier le rendement mécanique, peuvent, pour une pompe donnée, prendre des valeurs très variables et l'on peut, à l'aide de ces courbes, déterminer les conditions de fonctionnement qui permettent d'utiliser la pompe avec son rendement maximum.

Les pompes centrifuges pour grande hauteur de refoulement peuvent se classer en deux grandes catégories :

- 1° Les pompes à un seul disque ;
- 2° Les pompes à disques multiples conjugués en tension.

M. A. Rateau a bien voulu me communiquer les premiers résultats d'essais de quelques-unes de ces pompes et réserver ainsi à la Société de l'Industrie Minérale, qui publia autrefois ses premiers travaux, la primeur de ces intéressantes applications d'une théorie déjà si féconde.

Pompes à un seul disque. — Une pompe de ce type est représentée par les Fig. 3, 4, 5 et 6 de la PL. XXVI. La légende en donne d'ailleurs une description très suffisante. Le diamètre de la roue mobile est de 208^{m/m}. L'arbre est vertical et porte, directement calé sur lui, l'induit de l'électromoteur ; l'ensemble est très ramassé et conviendrait bien comme pompe de fonçage.

L'unité en question a été établie pour débiter 17 litres d'eau par seconde, soit environ 1 mètre cube par minute à la hauteur de 30 mètres, la vitesse étant de 2.200 tours.

En fait on a obtenu les résultats suivants :

Nombre de tours.....	2.220	2.200	2.110
Hauteur totale d'élévation..	31,70	32,30	30,53
Débit en litres par seconde.	8,06	11,46	15,70
Travail utile en kilogram.			
par seconde.....	255	370	479
Watts dépensés aux bornes			
du moteur.....	7.775	9.105	9.722

Watts perdus aux bornes			
du moteur.....	2.085	2.055	1.952
Rendement mécanique de			
l'ensemble.....	0,322	0,398	0,483
Rendement de la pompe			
seule, ρ	0,440	0,515	0,605
Pouvoir manométrique	0,540	0,551	0,567

La marche normale est celle qui correspond à la dernière expérience pour laquelle on obtient un rendement de la pompe égal à 0,605. En portant la vitesse à 3.200 tours, on aurait, dans les mêmes conditions de rendement, un débit de 24^l,7 par seconde avec une hauteur d'élévation de 70 mètres. La vitesse périphérique n'aurait pas encore une valeur excessive puisqu'elle atteindrait à peine 34 mètres.

On peut d'ailleurs arriver à des hauteurs beaucoup plus grandes avec une seule roue en employant une construction spéciale permettant de réaliser sans danger de grandes vitesses périphériques ; en même temps, on adopte les tracés d'ailes qui conduisent aux pouvoirs manométriques les plus élevés ; dans cet ordre d'idées, M. Rateau a publié dans les comptes rendus du Congrès de mécanique 1900 le dessin d'une pompe actionnée directement par une turbine à vapeur et capable d'élever l'eau à une hauteur de 200 mètres. Le *Bulletin* de la « Société d'encouragement pour l'Industrie nationale » a également publié les résultats d'essais d'une pompe Schabaver à un seul disque de 0,285 de diamètre que l'on a fait fonctionner jusqu'à la hauteur d'élévation de 103 mètres.

Les pompes à grande hauteur d'élévation à un seul disque se prêtent particulièrement bien à la commande directe par turbines à vapeur en raison du grand Nombre de tours que l'on doit leur donner. Toutefois,

la pompe à une seule roue présente des inconvénients sérieux qui lui feront généralement préférer un appareil à disques multiples dans les installations de quelque importance ; je ne citerai que l'usure rapide par suite de la grande vitesse de rotation et l'importance des fuites.

Pompes à disques multiples. — Ces pompes dont l'allure est beaucoup plus lente ne présentent pas ces inconvénients et, de plus, ont un rendement un peu plus élevé.

La PL. XXVII (Fig. 1 et 2) donne la projection horizontale et la vue en bout d'une pompe Rateau destinée aux mines du Boléo. Cette pompe est établie pour débiter normalement 1 mètre cube d'eau par minute à la hauteur de 100 mètres. La Fig. 22 donne une vue d'ensemble de la pompe.

L'équipage mobile se compose de 7 disques de 0^m,270 de diamètre ; l'arbre est directement attaqué par un électromoteur à courants triphasés ; l'ensemble, moteur et pompe, est supporté par un bâti unique et l'encombrement total du groupe n'excède pas 2^m,63 en longueur, 0^m,960 en largeur et 0^m,980 en hauteur.

Les premiers essais effectués sur cette pompe en juin, juillet et août 1901 ont donné les résultats suivants :

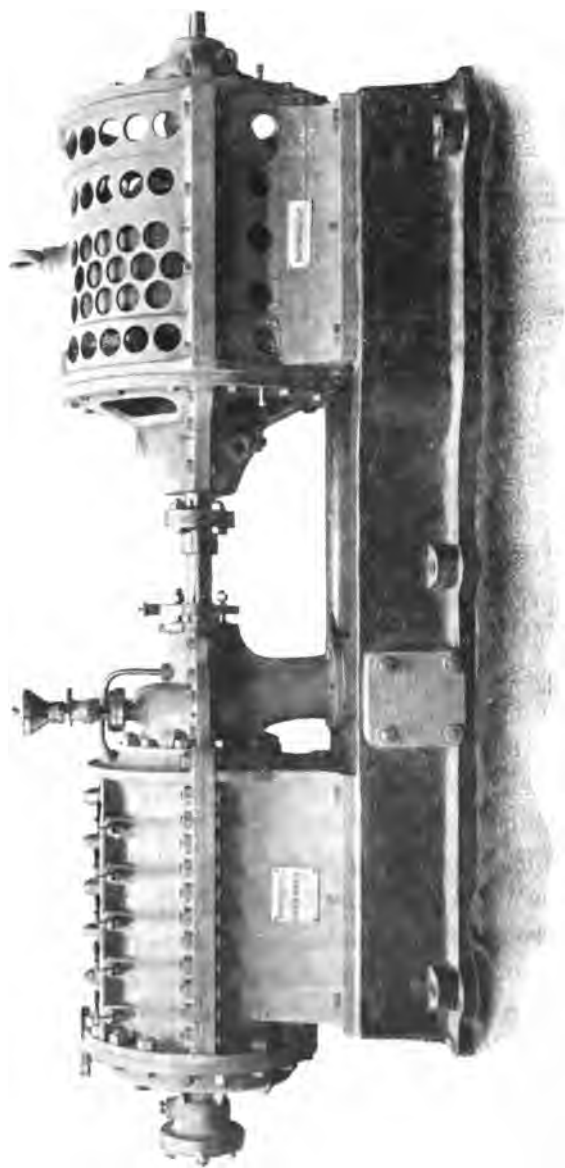


FIG. 22

Nombre de tours par minute.....	1.440	1.220	1.200	1.191	1.140	1.180	1.150	1.200
Hauteur totale d'élévation.....	144	103,70	103,70	100,70	94	97	91	99
Débit en litres par seconde.....	7,65	11,3	17,6	19	20,7	22	23,75	26,4
Travail utile en kilogrammètres.....	1.100	1.172	1.830	1.910	1.942	2.130	2.160	2.620
Ampères par phase.....	54,6	50	59,5	61	62	64	66,3	65,5
Volts.....	240	220	220	220	220	220	225	300
Cos φ	0,83	0,825	0,84	0,84	0,84	0,85	0,86	0,85
Kilowatts aux bornes....	32,6	27,2	33	33,8	34,2	35,9	38,5	50,1
Rendement total.....	0,330	0,423	0,544	0,554	0,557	0,582	0,551	0,512

La pression était mesurée avec un manomètre étalon, le débit était jaugé avec une bêche pendant deux minutes. La hauteur d'aspiration était de 3^m,20. Il résulte de ces essais que l'on peut établir des pompes centrifuges pour hauteur de 100 à 150 mètres avec un rendement de 58 %, moteur compris; si l'on attribue au moteur un rendement de 86 % (1), il reste 67,3 % pour la pompe. Dans le cas de la pompe du Boléo, la marche normale a lieu pour un débit voisin de 75 mètres cubes à l'heure avec une hauteur de 100 mètres (Expérience n° 6). Dans une autre série d'expériences, on a poussé la vitesse de façon à accroître la hauteur d'élévation jusqu'au delà de 150 mètres; mais le moteur était insuffisant pour assurer le débit normal correspondant à cette vitesse et le rendement a baissé.

(1) Dans la limite des expériences rapportées ci-dessus, le rendement du moteur variait entre 85 et 87,5 %.

Une pompe centrifuge Rateau, analogue à celle dont je viens de rappeler les essais faits en usine, a été installée récemment aux mines de Portes et Sénéchas et mise en marche industrielle sur sa colonne de refoulement au mois de septembre 1901. Cette pompe donne les résultats suivants :

Débit en mètres cubes par heure...	75
Hauteur totale d'élévation.....	117 mètres.
Tension composée mesurée au tableau de distribution de la dynamo géné- ratrice.....	1.000 volts.
Ampères par phase.....	30
Cos φ	0,85

D'où on déduit :

Travail utile..... 2.438 kgm. p^r seconde

$$\text{Travail au tableau} \frac{1.000 \times 30 \times \sqrt{3} \times 0,85}{9,8} = 4.507 \quad \text{—}$$

Le rendement de l'ensemble, pompe, moteur électrique, ligne de transport de force, colonne d'exhaure (diamètre intérieur 140^{m/m}) est donc $\frac{2.438}{4.507} = 0,54$.

Si l'on attribue à la machine à vapeur du groupe électrogène et à la dynamo génératrice les rendements respectifs de 0,90 et 0,92 (et ce sont là les valeurs maxima que l'on peut espérer atteindre), on trouve comme rendement définitif $0,54 \times 0,90 \times 0,92 = 0,447$, ce qui est très beau pour une pompe centrifuge.

Certes, ce rendement est encore bien inférieur à ceux obtenus avec les bonnes pompes à piston, et il est peu probable que la pompe centrifuge soit jamais adoptée d'une façon courante dans les mines pour les installations puissantes du genre de celles que j'ai eu l'occasion de citer dans le cours de ce mémoire.

Mais à côté de ces applications, il en est beaucoup d'autres pour lesquelles les pompes centrifuges présentent des avantages très sérieux. Dans beaucoup de cas, par exemple, on a des venues d'eau à des niveaux différents, souvent bien au-dessus du puisard général; on laisse néanmoins les eaux descendre jusqu'à ce dernier puisard, perdant ainsi inutilement tout le travail que représente la chute de l'eau depuis les étages supérieurs jusqu'au niveau inférieur; il suffirait bien souvent d'installer une pompe centrifuge pour éviter cette perte de travail.

L'usage des pompes centrifuges est surtout avantageux lorsqu'il s'agit d'épuiser de grands volumes d'eau à de faibles hauteurs. Dans ce cas, le prix est beaucoup moindre que pour une machine à mouvement alternatif, et comme la quantité d'énergie mise en jeu est peu considérable, on peut négliger la question de rendement devant celle des frais de premier établissement.

Voici, à titre d'exemple, le prix d'une machine d'épuisement électrique comportant une pompe centrifuge et établie pour les conditions suivantes :

Débit par minute..... 3^m3,5.
Hauteur d'élévation.... 40 mètres.

1° Machine à vapeur à condensation; alésage du cylindre 400^m/^m, coursé 800^m/^m, nombre de tours 95 18.000 »

Dynamo génératrice à courant continu (240 volts) d'une puissance de 60 kilowatts à la vitesse de 525 tours.

2° Pompe centrifuge à axe horizontal avec son moteur électrique calé sur l'arbre.

A reporter..... 18.000 »

<i>Report</i>	18.000 »
Tableau de distribution.	
Ligne de transport de force.....	23.000 »
3° Tuyautage d'aspiration et colonne de refoulement (diam. intérieur 200 ^m / ^m).....	3.500 »
Prix total.....	44.500 »

En raison de leur prix d'installation peu élevé, les pompes centrifuges pourront parfois être employées avantageusement comme appareils de secours ou comme pompes destinées à des épuisements intermittents de peu de durée.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, les pompes centrifuges peuvent facilement s'accoupler aux turbines à vapeur. Une turbine de 50 chevaux peut conduire deux pompes conjuguées en tension capables d'élever 3 mètres cubes d'eau par minute à la hauteur de 50 mètres, la vitesse de rotation étant de 1.550 tours par minute. L'encombrement d'une telle turbine-pompe est le suivant :

Longueur 2^m,550 ; largeur 0^m,875 ; hauteur 1^m,220.

Le poids total est de 1.550 kilogs seulement.

L'adoption de la turbine à vapeur présente, il est vrai, l'inconvénient de nécessiter une conduite de vapeur dans le puits et de conduire à une consommation de vapeur assez considérable ; dans nombre de cas cependant ce dernier inconvénient peut être négligeable. Il peut arriver, par exemple, que dans une mine possédant des fours à coke, les pompes n'aient à fonctionner que la nuit, or, pendant la nuit, les chaudières chauffées par les chaleurs perdues des fours à coke fournissent une grande quantité de vapeur que l'on laisse échapper dans l'atmosphère

faute d'emploi. L'économie de vapeur est donc tout à fait secondaire dans ce cas, et l'emploi des turbines à vapeur semble tout indiqué.

J'ai signalé ailleurs l'intérêt que l'on peut trouver à adjoindre, comme pompe nourricière, une pompe centrifuge à axe vertical à une pompe à vapeur ou à une pompe électrique à pistons. On peut par ce procédé placer la pompe principale à l'abri des venues d'eau et éviter de la sorte les graves inconvénients d'une inondation de la chambre souterraine.

Enfin, il pourra être avantageux, dans certains cas, d'employer pendant l'approfondissement des puits des pompes centrifuges élevant l'eau dans le bassin d'aspiration de la pompe principale installée au niveau primitif. C'est ainsi que dans certaines installations on a utilisé des pompes centrifuges faisant l'épuisement par relais de 100 mètres et qui sont restées comme machines d'épuisement définitives.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE FONCTIONNEMENT ET L'INSTALLATION DES POMPES CENTRIFUGES

Dans une pompe à pistons, abstraction faite des résistances passives, pour une vitesse donnée, le débit reste constant et la puissance absorbée est sensiblement proportionnelle à la hauteur d'élévation. Il n'en va pas de même pour les pompes centrifuges qui peuvent conduire à des absorptions de puissance très variables suivant les conditions de fonctionnement. Les courbes caractéristiques montrent nettement ce fait. On y voit que le coefficient de débit peut varier dans des proportions considérables : pour certains appareils la valeur maxima peut être égale à 3 fois la valeur normale, c'est-à-dire qu'à vitesse constante, une pompe peut donner un débit maximum égal à 3 fois son débit

normal. On voit d'autre part sur les courbes que le coefficient de puissance croît dans le même sens et que sa valeur peut devenir 4 fois la valeur normale. Le rapport de la valeur maxima des différents coefficients à leur valeur normale dépend de la courbure des ailes ; ces rapports sont généralement d'autant plus grands que l'angle α de la vitesse relative W du fluide avec la vitesse périphérique u de la roue est plus petit (Fig. 23).

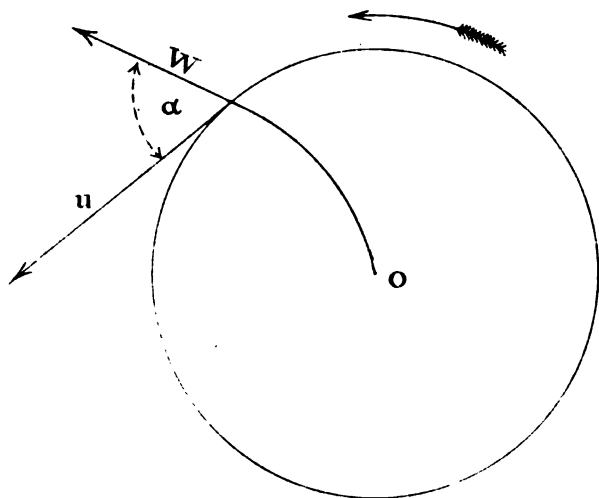


Fig. 23

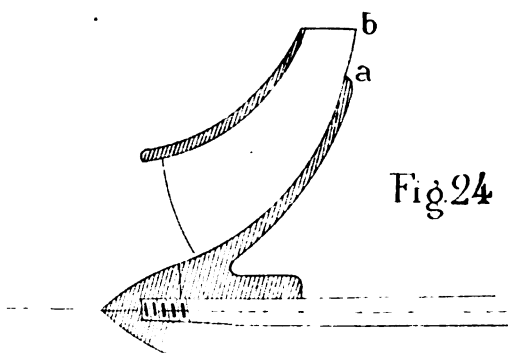
Cette considération a une grande importance pour le choix du moteur destiné à conduire la pompe. Si en effet on établit le moteur pour la puissance normale et que l'on vienne à diminuer la hauteur d'élévation sans changer la vitesse, le coefficient de puissance τ , proportionnel lui-même à la puissance absorbée Tm , prendra une valeur qui peut atteindre 4 fois la valeur normale et le moteur deviendra insuffisant.

Ainsi donc, lorsqu'on emploie des moteurs à vitesse constante, comme c'est le cas pour les moteurs électriques

excités en dérivation, il faut avoir soin de les prendre d'une puissance égale au maximum que la pompe est susceptible d'absorber ; on pourrait, il est vrai, adopter des moteurs correspondant à la marche normale et interposer un appareil de sécurité automatique qui diminuerait la vitesse au fur et à mesure de l'augmentation de puissance ; il suffirait pour cela d'agir sur le rhéostat d'excitation du moteur. Une diminution assez faible de la vitesse diminue rapidement la puissance absorbée, car, sur une ouverture donnée, cette puissance est proportionnelle au cube de la vitesse. Si l'on ne voulait pas modifier la vitesse du moteur, on pourrait se contenter de créer sur la conduite de refoulement une perte de charge artificielle ramenant le coefficient de débit à sa valeur normale.

Enfin, le moyen le plus sûr pour les appareils destinés à débiter à des hauteurs très variables (pompe de fonçage) consistera à employer des roues pour lesquelles le coefficient de puissance est peu variable.

Au point de vue de leur construction, les pompes centrifuges peuvent être à deux ouïes ou à une seule ouïe. Le premier type est plus compliqué de construction, nécessite la présence de deux presse-garniture, et enfin laisse au courant fluide qui arrive dans l'ouïe un passage moins libre que celui des pompes à une seule ouïe. Par contre, ces dernières présentent l'inconvénient de n'être pas équilibrées au point de vue des poussées longitudinales parallèles à l'arbre. Ces poussées peuvent acquérir une grande importance dans les pompes pour grandes hauteurs de refoulement. M. Rateau a tourné la difficulté d'une façon très simple dans ses pompes à une ouïe : il donne au fond de la turbine un diamètre moindre que celui des ailes (Fig. 24).



En calculant convenablement la longueur ab en porte à faux des ailes, on arrive à équilibrer très exactement la poussée longitudinale.

—

CINQUIÈME PARTIE

Comparaison entre les divers systèmes de machines d'épuisement souterraines.

I — Installation au jour.

L'installation est réduite au minimum lorsqu'il s'agit d'une machine souterraine électrique empruntant son énergie à un réseau général; il suffit alors de faire une dérivation sur la ligne de transport de force. Mais ce cas se présente encore assez rarement, car les mines ne sont généralement pas placées à proximité d'un réseau public et peu de mines possèdent encore de grandes stations centrales. D'ailleurs, les machines d'épuisement représentent souvent une fraction assez importante de la puissance totale d'un siège d'extraction pour qu'il y ait avantage à affecter à chacune d'elles une unité génératrice indépendante. Nous avons vu que cette disposition simplifiait notablement la mise en marche des moteurs du fond.

Dans le cas des pompes souterraines à vapeur, il n'y a au jour que la batterie de générateurs de vapeur que l'on retrouve d'ailleurs dans tous les systèmes; mais il convient de placer ces chaudières aussi près que possible du puits pour diminuer la longueur des conduites et par suite les condensations et les pertes de charge.

Dans le cas de machines d'épuisement à transmission hydraulique ou à transmission électrique avec machine indépendante, la station génératrice peut être placée en un point quelconque par rapport au puits; il y a néanmoins intérêt à s'en rapprocher le plus possible pour diminuer les frais d'installation de la canalisation

et réduire les pertes de charge hydrauliques ou électriques.

Dans l'un et l'autre cas, on a toute latitude pour le choix du moteur auquel on peut appliquer tous les perfectionnements connus puisque ce moteur placé au jour peut être surveillé et entretenu avec tous les soins désirables. Au point de vue de l'encombrement, le transport électrique est un peu plus avantageux car il permet l'emploi de moteurs à vapeur plus rapides et par suite moins volumineux que ceux imposés par les pompes de pression. C'est ainsi que le groupe électrogène représenté PL. XXIV utilise une machine à vapeur tournant à 105 tours et développant une puissance normale de 600 chevaux indiqués, tandis que dans le groupe machines-pompes reproduit PL. XXV, le même moteur ne tourne qu'à 54 tours et ne développe par suite que 310 chevaux. Dans le premier cas, le groupe électrogène suffit pour une pompe élevant 200 mètres cubes à l'heure à 600 mètres, tandis que dans le second cas le groupe correspond à un débit de 200 mètres cubes à 300 ou 350 mètres. La vitesse de 54 tours n'est pas, il est vrai, le maximum possible pour les pompes de pression d'une machine Kaselowsky, mais on n'a guère dépassé encore la vitesse de 70 à 75 tours par minute. (Pompes Kaselowsky de la mine Christian Levin, de Johann Deimelsberg, de Konigsborn, etc.)

Pour le groupe électrogène, l'encombrement en longueur serait un peu plus considérable si la dynamo était actionnée par courroie. Enfin, les appareils accessoires de la machine à transmission hydraulique (accumulateur, compresseur d'air) ne sont pas plus encombrants que les appareils de manœuvre et de distribution d'une dynamo génératrice (rhéostats, tableaux de distribution).

Au point de vue de la sécurité du personnel, l'installation hydraulique présente des avantages sérieux ; les dynamos génératrices produisent presque toujours du courant à haute tension nécessaire pour le transport économique de l'énergie à grande distance, et bien que toutes les connexions soient faites derrière le tableau, il n'en existe pas moins un danger réel pour la manœuvre des appareils. Bien plus, si l'on n'a pas pris soin de mettre toutes les masses à la terre et si un contact à la masse vient à se produire, toute personne venant à toucher cette masse peut recevoir une décharge mortelle. Si les masses ont été mises à la terre, un contact pourra déterminer une avarie de la dynamo, mais cela est bien peu de chose à côté d'un accident de personne. Avec les machines hydrauliques, le personnel n'est exposé à aucun accident de cette espèce.

J'ajouterai que la mise en marche et la conduite des machines hydrauliques sont d'une extrême simplicité et ne nécessitent pas des ouvriers spéciaux.

Les accidents d'ordre purement mécanique dans les pompes de pression sont fort rares, tandis que les dynamos génératrices sont exposées à la fois aux accidents mécaniques et électriques (courts-circuits, foudre, etc.).

Il me reste, pour terminer ces généralités sur les installations du jour, à mentionner l'emploi des surchauffeurs pour les pompes électriques et les pompes hydrauliques. Sans recourir au surchauffeur indépendant qui permet d'élever la température de la vapeur jusqu'à la limite compatible avec le bon fonctionnement des machines (350° environ), on aura avantage à employer des surchauffeurs placés dans les chaudières et capables d'élever la température de la vapeur jusqu'à 260 ou 270° centigrades. On obtiendra ce résultat moyennant l'emploi de surchauffeurs à petits tubes (30^m/^m intérieur

environ) ayant une surface de chauffe égale à $1/3$ ou $1/4$ de la surface de chauffe de la chaudière qui les renferme. Dans ces conditions, la consommation de vapeur qui est de $6^{\text{t}},5$ environ, par cheval indiqué, pour les bonnes machines compound fonctionnant au voisinage de 10 kilos, tombera au-dessous de 6 kilos.

II. — Installation dans le puits.

Les machines souterraines à vapeur exigent une section de puits plus grande que celle nécessaire pour les conduites d'eau sous pression ou pour les canalisations électriques. Les joints de dilatation et les boîtes à bourrage des conduites de vapeur occasionnent cet accroissement de section ; il faut d'ailleurs que les joints de la conduite de vapeur soient parfaitement accessibles pour pouvoir obstruer les fuites qui se produisent assez fréquemment ; de plus, la présence dans le puits des conduites de vapeur détermine une élévation de température de l'air et accélère la pourriture des boisages.

Au point de vue de l'encombrement dans le puits, ce sont les machines à transmission électrique qui présentent le plus d'avantages puisque, en dehors de la conduite d'exhaure, commune à tous les systèmes, elles ne comportent que les câbles d'amenée et de retour du courant ; ce dernier n'existe même pas dans les machines à courants triphasés.

La Pl. XXVII, dans laquelle sont réunies les coupes d'un certain nombre de puits, permet d'établir facilement une comparaison :

FIG. 3. Conduites de la machine d'épuisement à vapeur de la Société des chemins de fer de Madrid à Saragosse et Alicante (Espagne). Débit par minute $3^{\text{m}},3$, hauteur d'élévation 210 mètres.

FIG. 4. Conduites de la machine d'épuisement hydraulique de la même Société. Débit 6 mètres cubes, hauteur d'élévation 253 mètres. Dans cette installation, l'encombrement pourrait être considérablement réduit en cas de besoin.

FIG. 5. Conduites de la machine d'épuisement hydraulique des Houillères de Montrambert. Débit 3 mètres cubes, hauteur d'élévation 670 mètres.

FIG. 6. Conduites de la machine d'épuisement hydraulique de la mine Rheinpreussen. Débit $2^m,5$, hauteur d'élévation 455 mètres.

Dans ce cas, on a dû, pour loger les conduites dans l'espace disponible, adopter pour la conduite d'exhaure des brides de forme triangulaire, et pour la conduite de retour d'eau des brides ovales. Une pompe à haute pression d'eau motrice n'eût pas nécessité cette complication.

FIG. 7. Conduites d'une machine d'épuisement à transmission électrique (courant triphasé). Débit 3 mètres cubes, hauteur d'élévation 400 mètres. La canalisation électrique se compose de deux câbles triples ayant chacun une section de 180^{mm^2} de cuivre. Un seul câble peut suffire à la rigueur moyennant une perte de charge un peu élevée ; cette disposition permet de ne pas arrêter la pompe, si l'un des câbles vient à être endommagé.

III. — Chambres souterraines.

La machine à vapeur souterraine est de beaucoup celle qui nécessite les plus grandes chambres. La succession des trois appareils machine motrice, pompes, condenseur, conduit à des longueurs de chambres qui parfois atteignent une trentaine de mètres et une largeur de 8 à 10 mètres.

Le moteur hydraulique Kaselowsky est certainement le plus condensé de tous ceux que l'on a employés jusqu'ici. L'ensemble de la machine souterraine d'une pompe Kaselowsky est d'une compacité remarquable, le moteur et les pompes d'exhaure formant un appareil unique dont j'ai donné plus haut la description.

Le moteur électrique, soit qu'il commande directement les pompes d'exhaure, soit qu'il transmette le mouvement au moyen d'engrenages ou de courroies, est notablement plus encombrant que le moteur hydraulique.

J'ai reproduit à titre d'exemple les chambres souterraines des machines d'épuisement suivantes :

1° Machine à vapeur de la Société de Madrid, Saragosse et Alicante. Débit 3^m3,33, hauteur d'élévation 210 mètres. Longueur de la chambre souterraine 18 mètres, largeur 7 mètres (PL. XXI).

2° Machine électrique avec pompes commandées directement par le moteur (mine Zollverein (PL. XXVI, FIG. 1 et 2). Débit 3 mètres cubes, hauteur d'élévation 405 mètres. Longueur de la chambre souterraine 11 mètres, largeur 4^m,60, hauteur 5^m,50.

3° Machine hydraulique Kaselowsky de la Société des houillères de Montrambert (PL. XXXIII). Débit 3 mètres cubes, hauteur d'élévation 470 mètres pouvant être portée à 650 mètres.

Longueur de la chambre souterraine 10^m,500, largeur 4^m,200, hauteur 5 mètres.

Cette dernière machine d'épuisement est la plus puissante des trois qui sont représentées ; néanmoins, sa chambre souterraine est notablement plus petite que celle des machines précédentes, bien que l'on ait ménagé de tous côtés un espace suffisant pour que tous les organes soient parfaitement accessibles. Avec les pompes électriques et surtout avec les pompes

hydrauliques, la largeur de la chambre souterraine s'abaisse à une valeur telle que les poussées des terres ne sont presque plus à redouter.

IV. — Élévation de température dans l'exploitation.

La présence dans une mine de machines hydrauliques ou électriques n'occasionne aucune élévation sensible de température. Il y a bien dans le cas des transmissions électriques un rayonnement de la chaleur produite par effet Joule, mais cette quantité est généralement négligeable ; il est cependant nécessaire que la ventilation des induits se fasse dans de bonnes conditions.

Il n'en est pas de même avec les machines à vapeur dont la présence est la cause d'un apport de chaleur considérable. La conduite de vapeur du puits, la machine du fond, l'eau échauffée par la vapeur d'échappement, transmettent à l'atmosphère, par conductibilité et par rayonnement, une grande quantité de chaleur que l'on doit dissiper au moyen d'une ventilation énergique entraînant un surcroît de dépense dans l'exploitation. Malgré cette précaution, la température des chambres souterraines reste généralement très élevée et atteint fréquemment 35° à 40°. Il en résulte que les agents chargés du service de la machine d'épuisement sont constamment plongés dans une atmosphère malsaine, ce qui rend leur travail très pénible et les conduit à se relâcher dans leur surveillance.

A ce point de vue, les machines hydrauliques et électriques sont donc à peu près équivalentes, mais les machines à vapeur présentent de sérieux inconvénients, indépendamment de la consommation constante d'énergie résultat du surcroît de ventilation.

V. — Sécurité du fonctionnement.

Les machines électriques, pas plus que les machines à vapeur, ne peuvent fonctionner noyées, et si la pompe a été établie près du niveau où se fait l'épuisement, il peut arriver que, par suite d'un afflux d'eau considérable, la machine d'épuisement soit mise hors de service et l'exploitation en grand danger si l'on n'a pas des appareils de secours. On tourne il est vrai, quelquefois, la difficulté en plaçant les machines d'épuisement à un niveau supérieur à celui du puisard, mais la hauteur d'aspiration d'une pompe est limitée à 6 ou 7 mètres au maximum et si, pour avoir une sécurité absolue, on est conduit à placer la pompe à un niveau plus élevé, on devra installer une pompe nourricière, chargée, en temps normal, d'élever l'eau depuis le puisard jusqu'à la pompe principale. Il résulte de ce fait une complication de l'installation et une augmentation notable des frais de premier établissement. En raison de l'importance de cette question de la submersion des pompes, il me paraît utile de signaler quelques procédés propres à en éviter les inconvénients.

Un moyen d'employer les pompes électriques sans craindre de les voir s'arrêter par suite d'une irruption d'eau consiste à placer la pompe souterraine dans un faux puits communiquant avec le puits principal par une petite galerie horizontale établie au-dessus du niveau des plus hautes crues prévues ; la chambre souterraine ainsi que le faux puits sont complètement étanches ; la communication avec le puisard est établie seulement par le tuyau d'aspiration des pompes. Pour compléter l'installation et assurer l'étanchéité de la chambre, on peut munir le faux puits d'un sas à air et faire communiquer la chambre souterraine avec la

conduite de refoulement d'un compresseur d'air. Au moment d'une venue d'eau, on ferme hermétiquement les portes et on fait fonctionner le compresseur. La chambre souterraine se comporte alors comme une cloche à plongeurs. Le compresseur d'air y établit rapidement une pression un peu supérieure à celle de la colonne d'eau environnante ; les fuites sont de ce fait évitées et la pompe peut continuer à fonctionner sans interruption ; grâce au sas à air, on peut descendre dans la chambre souterraine pour procéder à la visite et au graissage. Cette solution ingénieuse qui n'a pas, je crois, été encore appliquée, me paraît susceptible de donner de bons résultats ; elle m'a été indiquée par M. Valloton, ingénieur principal de la maison Biérix, Leflaive et C^{ie}.

Une autre disposition très simple consisterait à employer une pompe centrifuge nourricière, à axe vertical, placée au niveau du puisard et actionnée par un arbre vertical de 20 ou 25 mètres portant à son extrémité supérieure le moteur électrique placé de cette façon à l'abri des venues d'eau, comme le moteur de la pompe principale ; cette solution a, il est vrai, l'inconvénient de rendre l'épuisement solidaire de deux moteurs électriques et de deux pompes ; on sait d'un autre côté, que le rendement des pompes centrifuges n'est pas très élevé ; mais la hauteur d'élévation de la pompe auxiliaire étant faible, la puissance mise en jeu n'est pas considérable et la perte de rendement n'est pas très sensible par rapport à la puissance totale de l'installation d'épuisement. Au reste, dans une application de ce genre, la question de sécurité doit passer avant la question de rendement.

Les machines d'épuisement à transmission hydraulique, elles, peuvent fonctionner absolument noyées pendant un temps très long s'il n'y a pas un afflux trop

considérable de matières inertes, et en particulier de sable coupant ; dans l'eau, la pompe travaillera aussi longtemps que dans les conditions normales, attendu qu'il n'est pas nécessaire de graisser le mécanisme pour la mise en marche hydraulique. Bien entendu, la durée possible du fonctionnement noyé dépend en grande partie de l'état dans lequel se trouve la pompe au moment de l'inondation.

A la mine Rheinpreussen, avant l'installation de la première pompe à transmission hydraulique existaient trois pompes à tige.

Quelque temps après la mise en marche de la machine hydraulique, deux pompes à tiges furent mises hors de service en même temps.

La pompe hydraulique, submergée par 40 mètres d'eau, travailla jour et nuit pendant les trois jours que dura la réparation des pompes à tiges et ne souffrit aucunement de cette marche dans l'eau, on eut simplement à la débarrasser des boues et de la vase qui s'étaient amoncées autour d'elle.

Non seulement les machines électriques ne peuvent pas fonctionner noyées, mais même elles se comportent mal dans une atmosphère humide. L'humidité facilite la destruction des isolants et elle a même une influence fâcheuse sur les propriétés électriques des métaux entrant dans la construction des dynamos ; elle facilite les pertes à la terre et la production des courts circuits.

A un autre point de vue, et en raison de leur mode de construction, les machines hydrauliques sont d'un fonctionnement plus sûr que les machines électriques, tous les organes en sont robustes et ne peuvent guère être mis hors de service que par l'usure ; les pièces de rechange prévues pour chaque machine ont principalement pour but de parer à cette éventualité. Les

machines électriques au contraire sont des appareils relativement délicats dans lesquels aux accidents d'ordre mécanique (usure, chocs, etc.) viennent s'ajouter les accidents d'ordre électrique (courts-circuits, etc.). Tous ceux qui emploient des moteurs électriques savent de quelle utilité sont les moteurs ou tout au moins les induits de rechange. A cet égard, il serait bon que toute machine d'épuisement électrique fût prévue en double, ce qui augmenterait notablement le prix de l'installation.

Les machines électriques ne peuvent supporter pendant longtemps une charge supérieure à leur puissance normale. La température de régime des enroulements est généralement de 40 à 50° au-dessus de la température ambiante, qui atteint fréquemment 30° dans les puits profonds. Si, par suite d'une venue d'eau considérable, on est amené à forcer l'allure de la machine, la température des enroulements s'élève rapidement, les isolants peuvent être détruits.

Enfin, la présence dans une mine grisouteuse du courant électrique constitue un danger permanent, quelles que soient les précautions prises pour éviter les étincelles. Pour réduire autant que possible les dangers résultant de l'emploi de l'électricité dans les installations souterraines, les constructeurs électriciens se sont ingéniés à trouver des appareils et des dispositions spéciales donnant le maximum de sécurité compatible avec l'emploi du courant électrique. C'est ainsi que l'on place généralement les câbles de transport de force et les appareils électriques dans les puits de rentrée d'air loin de l'atmosphère grisouteuse de la mine ; les appareils de manœuvre sont à rupture dans des bains d'huile. Aux mines de Nœux, on est allé plus loin : on a installé un moteur de pompe presque complètement

fermé dans l'intérieur duquel on maintient une pression d'air comprimé toujours supérieure à $1/4$ de kilogramme par centimètre carré.

VI. — Dérivation de l'énergie.

Les travaux souterrains d'une mine comportent généralement l'emploi d'un certain nombre d'appareils tels que treuils de plans inclinés, ventilateurs auxiliaires pour aérage de galeries d'avancement ou de recherches, petites pompes pour épuisements locaux, perforatrices, bosseyeuses, etc. Jusqu'ici, tous ces appareils étaient ou bien conduits à bras ou bien actionnés par des moteurs à air comprimé ; on ne peut pas en effet songer à employer la vapeur pour ces usages.

Mais l'installation d'une transmission spéciale par l'air comprimé est coûteuse et on sait de plus combien est faible le rendement de ces sortes de transmissions. On ne peut guère, en effet, compter obtenir un effet utile de plus de 25 % comme rapport entre le travail indiqué à la machine motrice du compresseur et le travail disponible sur l'arbre des petits appareils du fond.

L'emploi des machines d'épuisement hydrauliques ou électriques donne une solution économique du problème ; il est facile en effet de prendre une dérivation sur la conduite d'eau motrice, et mieux encore sur la canalisation électrique pour actionner au fond un nombre quelconque de moteurs hydrauliques ou électriques. Les pressions d'eau motrice étant très élevées, les conduites de dérivation sont de faible diamètre et par suite de prix peu élevé. Pourtant, l'usage des moteurs hydrauliques est encore peu répandu et au point de vue des facilités pour les dérivations d'énergie le transport électrique est certainement le plus avantageux.

VII. — Approfondissement du puits.

La machine à transmission hydraulique permet d'augmenter facilement la profondeur d'épuisement avec un faible surcroît de dépenses. Il suffit de prévoir dans l'installation primitive une machine à vapeur suffisamment puissante pour l'épuisement définitif, et les organes soumis à l'action de l'eau motrice suffisamment robustes pour résister aux efforts déterminés par la pression définitive de l'eau motrice. La variation de puissance des pompes s'obtient en effet par simple augmentation de la pression motrice ou par augmentation de diamètre du piston injecteur. Il suffit donc de prolonger les différentes conduites jusqu'au niveau définitif d'épuisement sans rien changer aux autres appareils. Cette disposition a été prévue pour la pompe de Montrambert qui doit épuiser 3 mètres cubes d'eau par minute, d'abord à la profondeur de 470 mètres, puis à la profondeur de 650 mètres.

Il y a cependant dans cette modification de la profondeur d'épuisement un petit inconvénient, commun d'ailleurs à tous les systèmes et qui est le suivant : la machine à vapeur, établie pour fonctionner le plus économiquement possible dans les conditions définitives, marche au début avec une introduction trop faible et se trouve par suite dans des conditions défavorables au point de vue de la consommation de vapeur, car pour les très faibles introductions l'influence des espaces nuisibles et des condensations anticipées prend une importance notable surtout dans les machines à condensation.

La machine de Montrambert, dont je parlais tout à l'heure, marchera finalement à l'introduction de $\frac{1}{13}$, mais au début l'introduction sera seulement de

$\frac{1}{21}$. Cet inconvénient est, il est vrai, de peu d'importance lorsqu'il s'agit d'une marche provisoire. Si l'on voulait se réserver la faculté d'augmenter la puissance sans diminuer le rendement de la machine à vapeur, il faudrait faire tourner celle-ci d'abord à une allure lente et faire croître la vitesse et par suite le débit des pompes de pression, sans changer la pression au fur et à mesure des besoins. On pourrait garder ainsi toujours le même degré d'introduction.

Avec les machines à transmission électrique, le même inconvénient subsiste pour la machine à vapeur motrice, mais il est aggravé par ce fait que la dynamo génératrice et la dynamo réceptrice, calculées pour la charge définitive, ont, elles aussi, un rendement faible pendant la marche provisoire à charge réduite. Les constructeurs électriciens qui garantissent un rendement de 94 % pour les gros alternateurs de 400 à 500 chevaux à pleine charge ne garantissent guère plus de 75 à 80 % pour ces mêmes dynamos fonctionnant à demi-charge.

Pour les machines à vapeur souterraines, le moteur à vapeur se trouve, au point de vue du rendement provisoire, dans les mêmes conditions que les machines précédentes ; en outre, le déplacement de la pompe, c'est-à-dire en réalité de tout l'appareil d'exhaure, est une cause de dépense considérable. Enfin, la consommation de vapeur croît très rapidement avec la profondeur à cause des condensations dans les conduites et du moins bon fonctionnement du condenseur.

VIII. — Épuisement des eaux salines ou acides.

L'épuisement des eaux tenant des sels en dissolution ou renfermant des acides, cas qui se présentent fré-

quemment pour les eaux de mines, est difficile avec les machines à vapeur fonctionnant à condensation. Les organes des condenseurs sont très rapidement mis hors de service par les dépôts salins qui se précipitent par suite de l'augmentation de température de l'eau ou par les corrosions occasionnées par les acides. On peut, il est vrai, dans ces cas particuliers fonctionner sans condensation, mais on arrive de ce fait à une consommation élevée de vapeur, d'où résulte une marche peu économique. L'échappement de vapeur est d'ailleurs très gênant.

Dans les machines d'épuisement hydrauliques ou électriques, l'eau passe seulement dans le corps de pompe sans élévation de température. Il se forme par suite peu de dépôts et l'épuisement se fait dans des conditions presque équivalentes à celles de l'eau pure. Les pistons peuvent du reste être chemisés en bronze pour éviter leur attaque par les eaux acides.

IX. — Rendements. — Consommations de vapeur.

Sil'on appelle rendement d'une machine d'épuisement le rapport entre le travail utile et le travail indiqué par les diagrammes relevés sur le moteur à vapeur, c'est évidemment la machine souterraine à vapeur qui accusera les chiffres les plus élevés car, dans cette machine, la vapeur agit immédiatement sur les pompes d'exhaure, tandis que dans les pompes à transmission hydrauliques ou électriques l'énergie subit une transformation intermédiaire. En fait, nous avons vu que le rendement ainsi défini pouvait atteindre 0,85 pour les pompes à vapeur alors qu'il ne dépasse pas 0,74 pour les pompes hydrauliques et 0,68 pour les pompes électriques. Mais le rendement ainsi défini ne permet pas d'établir une comparaison entre les trois systèmes ;

il ne renseigne pas sur la dépense exacte de la machine souterraine à vapeur puisqu'il ne tient pas **compte** d'un facteur important qui est la perte d'énergie dans la **conduite** de vapeur, tandis que pour les machines électriques ou hydrauliques il **tient** compte de toutes les pertes. La quantité intéressante à considérer est la consommation de vapeur par cheval-utile ou mieux, par tonne d'eau élevée à 100 mètres par exemple.

On conçoit très bien que, toutes choses égales d'ailleurs, la transmission électrique reste à ce point de vue un peu inférieure à la transmission hydraulique. Dans ce dernier cas, la machine motrice transmet l'énergie de la vapeur aux pompes de pression ; ces dernières ne peuvent pas avoir une vitesse très grande si l'on veut éviter les chocs, avoir un bon fonctionnement des soupapes et par suite un bon rendement volumétrique des pompes. Il en résulte que l'on est conduit à employer des machines à longue course dans lesquelles l'influence de l'espace nuisible est moins sensible que dans les machines à course réduite.

Dans les machines d'épuisement électriques, on peut ou bien actionner directement la dynamo génératrice par la machine à vapeur, ou bien avoir recours à des transmissions intermédiaires. Dans le premier cas, on est conduit à employer des machines à grande vitesse angulaire de rotation et par suite à faible course, dans lesquelles se fait notablement sentir l'influence de l'espace nuisible ; dans le second cas, la présence de transmissions intermédiaires (courroies ou engrenages) détermine une perte d'énergie notable. De plus dans le cas de la commande directe des dynamos par le moteur, on doit transformer un mouvement alternatif rectiligne en un mouvement de

rotation. On est donc obligé de passer par l'intermédiaire de manivelles, bielles, paliers, etc., tous organes dont les résistances passives déterminent une diminution de rendement de l'ensemble. Au contraire, dans les machines du genre Kaselowsky, le piston-vapeur transmet immédiatement l'énergie de la vapeur aux pistons des pompes de pression et une faible partie seulement passe par l'arbre du volant. La même observation s'applique aux moteurs hydrauliques ou électriques du fond.

Pour cette même raison, les moteurs hydrauliques genre Kaselowsky à mouvement rectiligne sont d'un rendement supérieur à celui des moteurs hydrauliques à mouvement rotatif.

En ce qui concerne les machines souterraines à vapeur, on a préféré assez généralement jusqu'ici les machines très simples à distribution par tiroirs aux machines plus économiques à 4 distributeurs. Cette préférence se conçoit assez bien si l'on observe que la situation des machines au fond d'un puits rend assez difficile la surveillance et l'entretien des machines un peu délicates. Il n'en résulte pas moins une infériorité des machines souterraines sur les machines de surface au point de vue de la consommation de vapeur. On peut espérer cependant que l'habitude prise de rechercher des machines très économiques en rendra l'usage familier, même pour les installations souterraines ; mais il sera difficile de généraliser l'emploi des machines à triple expansion dont j'ai parlé plus haut, en raison de la difficulté de faire des chambres souterraines solides quand elles ont de grandes largeurs.

Les pertes de charge inévitables dans les conduites d'amenée de vapeur sont aussi une cause d'infériorité des pompes souterraines puisqu'elles ne permettent

pas, comme dans les machines de surface, d'employer la vapeur à la pression maxima dont on dispose aux chaudières.

La diminution de l'efficacité de la condensation à mesure que la profondeur augmente est aussi une cause de perte sur le rendement final.

Enfin, l'usage des surchauffeurs qui peut permettre de réaliser une économie de 10 à 20 % dans les machines placées près des chaudières, serait d'une utilité beaucoup moindre avec des moteurs placés à plusieurs centaines de mètres des générateurs de vapeur. Même avec un degré de surchauffe très élevé, on n'arriverait pas à amener jusqu'au cylindre de la vapeur surchauffée; or, la cause principale d'économie dans les moteurs à vapeur surchauffée résulte de ce que l'on évite les condensations initiales qui se produisent dans le cylindre au moment de l'admission lorsque le cylindre est alimenté par de la vapeur saturée. Néanmoins, l'usage de la surchauffe permet de réduire les condensations dans la conduite de vapeur et à ce titre elle pourra parfois être employée utilement pour les machines d'épuisement souterraines à vapeur.

Il est assez difficile de fixer un chiffre de consommation de vapeur par cheval-utile pour les machines à vapeur souterraines, puisque ce chiffre est très variable avec le débit et la profondeur en raison de la variation de la quantité d'eau condensée dans la conduite de vapeur et des modifications qui se produisent dans le fonctionnement du condenseur. Nous avons vu, d'autre part, que la consommation moyenne de vapeur par cheval-utile varie considérablement suivant que la pompe fonctionne d'une façon continue ou d'une façon intermittente, et en nous plaçant dans les meilleures conditions d'établissement d'une pompe susceptible d'élever 3 mètres cubes d'eau par minute à

la hauteur de 500 mètres, nous sommes arrivés aux résultats suivants :

Marche continue.... 10^k,9 de vapeur par cheval-utile.

Marche de 12 h. sur 24 12,75 —

Marche de 6 h. sur 24 16,500 —

Les résultats d'essais que j'ai rapportés correspondent tous à des mesures faites en marche continue et n'indiquent généralement pas la consommation moyenne vraie du fonctionnement normal. Je fais abstraction des machines à triple expansion dont l'emploi est difficile à fond de fosse.

Pour les machines d'épuisement hydrauliques dont le rendement *total* est de 0,72 (machine Kaselowsky) avec des machines à vapeur perfectionnées, la consommation de vapeur ne dépassera pas 9^k,5 et au maximum 10 kilos par cheval-utile. De plus, ce chiffre de consommation est absolument indépendant de la durée du fonctionnement.

Pour les machines à transmission électrique, le rendement total ne dépasse pas 0,68 et en admettant, comme pour les machines hydrauliques, une consommation de 6^k,8 à 7^k,2 de vapeur par cheval indiqué, on arrive à une consommation par cheval-utile de 10 kilos à 10^k,6, ce chiffre étant ici encore indépendant de la durée du fonctionnement.

En résumé, au point de vue de la consommation de vapeur, les machines d'épuisement souterraines placées à des profondeurs d'environ 500 mètres peuvent être classées comme suit :

	CONSUMMATION DE VAPEUR PAR CHEVAL UTILE		
	Marche continue	12 heures sur 24	6 heures sur 24
Machine à transmission hydraulique..	9,5 à 10 ^k	9,5 à 10 ^k	9,5 à 10 ^k
Machine à transmission électrique ...	10 à 10,6	10 à 10,6	10 à 10,6
Machine souterraine à vapeur.....	10,9	12,75	16,500

L'avantage reste donc à ce point de vue aux machines à transmission hydraulique.

Il peut être intéressant de connaître l'économie que l'on peut réaliser de ce chef pendant une année de fonctionnement (350 jours). Supposons une pompe élevant 3 mètres cubes d'eau par minute à une hauteur de 500 mètres en nous plaçant dans les trois hypothèses prévues par le tableau précédent.

Admettons en outre que 1 kilogramme de charbon employé vaporise 8 kilos d'eau et de plus que le prix du charbon est de 18 francs la tonne.

La puissance utile de la machine souterraine est :

$$\frac{3.000}{60} \times 500 \times \frac{1}{75} = 333 \text{ chevaux.}$$

Les consommations de vapeur et de charbon dans les différents cas sont résumées par le tableau suivant :

CONSUMMATION ANNUELLE						
	VAPEUR			CHARBON		
	24 heures par jour	12 heures	6 heures	24 heures par jour	12 heures	6 heures
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Machine hydraulique	26.700	13.350	6.675	3.350	1.675	837,5
Machine électrique.	28.050	14.025	7.012	3.507	1.753,5	876,75
Machine à vapeur..	30.600	17.800	11.800	3.825	2.180	1.480

Economie réalisée par la pompe hydraulique :

Par rapport	{	Marche de 24 heures :	157 tonnes charbon, soit 2.820 fr.		
à la pompe		d° 12 heures :	78,5	—	1.410
électrique.		d° 6 heures :	39,25	—	705
Par rapport	{	Marche de 24 heures :	475	—	8.550
à la pompe		d° 12 heures :	505	—	9.050
à vapeur.		d° 6 heures :	642,5	—	11.000

Si l'on évalue ces économies en % de la consommation de la machine hydraulique on obtient les résultats suivants :

Par rapport à la pompe électrique, 4,7 4,7 4,7 %.

Par rapport à la pompe à vapeur, 14,2 30,5 77 %.

L'économie de vapeur a comme conséquence une économie dans l'installation des générateurs et une diminution du nombre des chauffeurs employés à ces générateurs. L'économie réalisée de ce fait acquiert une grande importance, surtout si l'on envisage la machine hydraulique et la machine à vapeur. La différence s'accroîtrait encore si l'on faisait entrer la surchauffe en ligne de compte.

CONCLUSION

De l'étude précédente il résulte que l'on ne peut pas dire *a priori* que tel ou tel système de machine d'épuisement souterraine est dans tous les cas supérieur aux autres. Il y a lieu, pour chaque problème, de mettre en parallèle les divers systèmes.

Lorsque la profondeur est faible, les raisons d'économie dans les frais de premier établissement peuvent conduire à adopter les pompes souterraines à vapeur. Dans ce cas, d'ailleurs, les condensations dans les conduites sont relativement faibles et le rendement de l'installation peut approcher de celui des autres systèmes. On n'en a pas moins les inconvénients d'une haute température dans le puits et dans la salle des machines, l'impossibilité de fonctionner noyé et de prendre des dérivations d'énergie pour les appareils auxiliaires.

Mais lorsque la profondeur dépasse 200 ou 300 mètres, on doit éviter l'emploi des pompes souterraines à vapeur. Dans ce cas l'élévation de température devient très gênante, les condensations et les pertes de charge dans les conduites sont considérables, la condensation fonctionne mal, et le rendement *définitif*, le seul qui intéresse l'exploitant, est faible.

Enfin, l'emploi des pompes souterraines à vapeur est toujours peu pratique toutes les fois que l'épuisement ne se fait que par intermittence, ce qui est le cas le plus général.

L'emploi des pompes à transmission hydraulique ou électrique s'impose pour les grandes profondeurs. Mais quel est celui de ces deux systèmes que l'on doit préférer ?

Lorsque la mine possède une station centrale d'élec-

tricité ou bien lorsque les sièges d'exploitation sont à proximité d'un réseau public, le courant électrique est celui qui permet de réaliser l'installation la plus simple et la plus économique comme premier établissement. Cette installation présentera, il est vrai, les inconvénients déjà signalés, savoir : rendement un peu faible, danger d'explosion, impossibilité de fonctionner noyé, détérioration des isolants par l'humidité, etc., par contre, on aura toute facilité pour dériver l'énergie et la conduire en tel point que l'on voudra de la mine.

Dans le cas où l'installation est à créer de toutes les pièces, c'est la machine à transmission hydraulique qui donne la solution la plus parfaite de l'épuisement à grande profondeur. Aux avantages signalés pour la pompe électrique elle ajoute les suivants : rendement plus élevé, sécurité absolue au point de vue du grisou, sécurité plus grande dans le fonctionnement, possibilité de fonctionner noyé, réduction au minimum de la chambre souterraine, etc.

Le seul reproche que l'on puisse faire à la transmission hydraulique est d'être un peu plus coûteuse que les autres systèmes ; mais il me paraît que la sécurité qui résulte de son emploi compense largement le surcroît de dépense dans son installation.

TABLE DES MATIÈRES

1^{re} PARTIE

	Pages.
Introduction.....	813
Classification et généralités.....	815
Réservoirs d'air et régulateurs de débit.....	818
Soupapes.....	826

2^e PARTIE

MACHINES D'ÉPUISEMENT SOUTERRAINES A VAPEUR

Conduites de vapeur.....	833
Condensation dans les machines à vapeur souterraines	842
Chambres souterraines des machines à vapeur.....	845
Consommation des pompes à vapeur.....	849
Description d'une machine d'épuisement à vapeur (pompe de la Société de Madrid, Saragosse et Alicante).....	852
Dimensions principales et résultats d'essai de quelques machines d'épuisement à vapeur.....	855
Pompe du siège Léopold I ^{er} des charbonnages de la Louvière.....	855
Pompes des charbonnages d'Arsimont.....	857
Pompe de la mine Piesberg.....	859
Pompe du puits prince Impérial à la mine Giesche (Silésie).....	860
Pompes du district de Bockwa.....	861

3^e PARTIE

MACHINES D'ÉPUISEMENT A TRANSMISSION HYDRAULIQUE

Généralités.....	866
Pompes Roux.....	866
Pompes Moore.....	868

Pompe Hathorn et Davey (charbonnages des Bouches-du-Rhône).....	870
Pompe de Uddington.....	872
Machines d'épuisement à haute pression.....	873
Choix du moteur à vapeur du jour.....	875
Conduites placées dans le puits.....	878
Pertes de charge dans les conduites d'eau.....	879
Installation souterraine.....	882
Description d'une machine d'épuisement, système Kaselowsky (Pompe des houillères de Montrambert).....	884
Données principales et résultats d'essais de quelques machines d'épuisement à transmission hydraulique à haute pression.....	892
Pompe de la mine Rheinpreussen.....	892
Pompe de Bommerbank.....	894
Pompe de la mine Pluto.....	895
Pompe de la mine Gottesegen.....	896
Pompe de la mine Hedwigwunsch.....	898
Pompe de la mine Königsborn.....	898
Pompe de la C ^{ie} de Madrid, Saragosse et Alicante (mines de la Réunion).....	899

4^e PARTIE

MACHINES D'ÉPUISEMENT A TRANSMISSION ÉLECTRIQUE

Généralités.....	902
Moteur à vapeur du jour.....	903
Canalisations électriques. Choix du courant.....	905
Installation souterraine... ..	912
Pompes Ehrardt et Sehmer.....	913
Pompes Riedler.	914
Pompes Bergmann.....	916
Pompes Jandin.....	920
Observations sur les pompes à grande vitesse.....	921
Description d'une machine d'épuisement à transmission électrique (pompe de Hontrôp près Bochum)...	924
Données principales et résultats d'essais de quelques pompes à transmission électrique.....	926

MACHINES D'ÉPUISEMENT SOUTERRAINES	973
Pompe du puits Lambrecht (Compagnie d'Anzin).	926
Pompe du puits Magny (Mines de Blanzy).....	928
Pompe de la mine Zollverein.....	930
Pompes souterraines centrifuges..	933
Généralités.....	933
Pompes à un seul disque.....	936
Pompes à disques multiples.....	938
Considérations générales sur le fonctionnement des pompes centrifuges.....	944

5° PARTIE

COMPARAISON DES DIVERS SYSTÈMES DE MACHINES D'ÉPUISEMENT

Installation au jour	948
Installation dans le puits.....	951
Chambre souterraine	952
Élévation de température dans l'exploitation.....	954
Sécurité du fonctionnement.....	955
Dérivation de l'énergie.....	959
Approfondissement du puits	960
Épuisement des eaux salines et acides.....	961
Rendements. Consommations de vapeur.....	962
Conclusion	968

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 19 MAI

La séance est ouverte à 3 heures sous la présidence de M. TAUZIN, ingénieur en chef des mines, directeur de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, président de la Société.

56 membres ont signé la feuille de présence. Se sont excusés : MM. Baure, administrateur honoraire, Hugot, membre du Conseil d'administration, Agniel, Arbel, Aerts, Defaix, Fayet, Hutter, Letaud.

M. BABU, secrétaire général de la Société, donne lecture du procès-verbal de la précédente assemblée générale qui est adopté sans observations.

M. LE PRÉSIDENT rend compte de la marche générale de la Société pendant le dernier exercice.

Discours de M. Tauzin.

« Messieurs,

« L'année 1900 restera caractérisée dans nos annales comme dans celles de la France et, pourrait-on dire, du monde entier, par la brillante Exposition dont les merveilles sont encore présentes à tous les esprits. Nous avons profité de l'attraction exceptionnelle qu'exerçait cette grande fête du monde du travail et de l'industrie pour réunir à Paris notre 9^e (1) Congrès,

(1) Les huit Congrès précédents sont ceux de Saint-Etienne, de Douai, de Paris (1878), d'Alais, de l'Est et de la Belgique.

et il suffit de rapprocher le nombre des 1.300 adhésions qu'il a recueillies de celui des 600 adhérents du Congrès de 1889, international comme celui de l'année dernière, pour juger de l'opportunité de notre initiative et du surcroît de notoriété qu'elle a valu à notre Société.

« Assurément, Messieurs, vous n'avez pas plus l'intention que je ne l'ai moi-même de vous attribuer tout le mérite des travaux du Congrès international des Mines et de la Métallurgie de 1900, mais on ne saurait oublier que l'idée de ces réunions vous appartient puisqu'elle a été suggérée par le fondateur de la Société de l'Industrie minérale, que vous l'avez développée en multipliant, depuis 25 ans, les Congrès dans toutes nos grandes régions industrielles, que c'est sur votre proposition que se sont organisés jusqu'ici tous nos Congrès internationaux et que vous avez enfin généreusement offert vos Comptes Rendus et votre Bulletin pour provoquer d'abord les adhésions et les mémoires, pour vulgariser ensuite l'ensemble de leurs travaux. En dehors même des sacrifices pécuniaires qu'elle comportait nécessairement, cette dernière tâche était particulièrement lourde l'année dernière et nous n'aurions pu la mener à bien sans l'excellente organisation de notre secrétariat.

« Des 24 mémoires présentés au Congrès, 22, tirés à 1.200 exemplaires, ont été distribués à ses membres avant le 23 juin. L'ensemble de ces travaux, comprenant près de 1.900 pages de texte et équivalant ainsi à deux volumes de notre Bulletin, a été tiré ensuite à 2.100 exemplaires, afin d'en permettre la distribution

de Paris (1889), de Saône-et-Loire et de Montluçon. La réunion exceptionnelle de Lyon est ainsi considérée, suivant l'expression de M. Castel, comme *la suite et la fin du Congrès de Saône-et-Loire* (3^e série, tome VIII, page 280).

à tous les membres du Congrès qui n'appartenaient pas à notre Société ; il forme nos 3^e et 4^e livraisons de 1900, votre Conseil d'administration ayant sagement jugé qu'on ne pouvait retarder jusqu'en 1901 la publication des travaux préparatoires d'un Congrès tenu en 1900.

« Les 1^{re} et 2^e livraisons ont été tirées comme à l'ordinaire à 1.300 exemplaires, mais il a été fait un tirage supplémentaire à 1.000 exemplaires de la monographie de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, à laquelle est à peu près exclusivement consacrée la 2^e livraison.

« Nos Comptes Rendus mensuels sont toujours tirés à 1.500 exemplaires.

« J'ajoute, pour compléter ces renseignements statistiques, que le nombre des membres de la Société était en fin d'année de 1.094 contre 1.083 l'année dernière ; que nous avons en outre 16 abonnés ; que nous faisons don de nos publications à 15 établissements publics et que nous les échangeons contre 56 publications françaises ou étrangères ; que nous servons enfin à des libraires 59 abonnements.

« La 1^{re} livraison de 1900 est presque entièrement consacrée à la 2^e partie du beau travail de M. Renault dont je vous entretenais l'année dernière. Deux notes, l'une de M. Cuvelette sur la perforatrice Dulait-Forget, l'autre de M. Coignet sur les gisements aurifères de l'Australie occidentale, la complètent.

« Tous ceux qui ont lu notre 2^e livraison se sont assurément associés à l'éloge que je faisais par anticipation en 1900 de la remarquable étude consacré par notre secrétaire général à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne ; vous serez heureux comme moi de penser, Messieurs, qu'en publiant le travail de M. Babu, notre Société a aidé à faire solennellement reconnaître

le mérite de cette Ecole et à lui faire décerner un grand prix comme récompense des services qu'elle rend journellement aux industries des Mines et de la Métallurgie.

« Les mémoires présentés au Congrès sont groupés, en ce qui concerne les mines, autour des quatre questions qui lui étaient soumises : emploi des explosifs dans les mines, conditions d'exploitation à grande profondeur, emploi de l'électricité dans les mines, moyens de réduire la main-d'œuvre dans les mines. Un certain nombre de travaux ne rentrant pas dans ce cadre, déjà cependant très vaste, forment un 5^e groupe sous le titre des questions diverses.

« L'emploi des explosifs a fait l'objet de 3 rapports dus à MM. Delafond, Le Chatelier, Watteyne et DENOËL.

« M. l'inspecteur général Delafond expose les résultats obtenus pendant les dix dernières années par l'emploi des explosifs de sûreté dans nos mines de combustibles, résultats qui corroborent pleinement les belles découvertes de la Commission française des explosifs. Si certains points restent encore obscurs, il n'en est pas moins certain qu'un progrès considérable a été accompli, et nous nous associons à la légitime satisfaction avec laquelle M. Delafond constate que ce progrès est dû surtout aux efforts de savants français, et notamment de l'un des professeurs qui ont le plus honoré l'Ecole de Saint-Etienne, M. l'inspecteur général Mallard.

« C'est également en France que se sont poursuivies avec le plus d'ardeur, pendant ces dernières années, les études sur l'établissement des dynamitières souterraines. La part prépondérante qu'a prise M. Le Chatelier aux recherches poursuivies à ce sujet par la Commission des substances explosives, donne à son rapport une importance exceptionnelle et une valeur

toute spéciale à cette conclusion très nette que « les conditions actuelles de sécurité des magasins d'explosifs peuvent être considérablement améliorées par l'emploi de dispositifs d'une réalisation facile et relativement peu coûteuse ».

« Nos collègues belges, dont l'activité, la compétence et l'érudition ont été si remarquées au cours du Congrès, nous ont entretenus à leur tour des progrès réalisés chez eux dans l'emploi des explosifs. Les études statistiques et expérimentales de MM. Watteyne et Denoël montrent comment on a pu arriver en Belgique, grâce à une sage réglementation, à une diminution très importante du nombre des accidents. Les explosifs, bien qu'ils ne présentent pas encore une sécurité absolue, sécurité qui n'existe pas d'ailleurs en semblable matière, continuent à nous apparaître comme des auxiliaires éminemment précieux pour l'art des mines et il n'est pas douteux que, les progrès des sciences physiques aidant, nous n'arrivions à leur connaissance théorique complète, et par là même à leur meilleure utilisation pratique.

« Les conditions d'exploitation à grande profondeur nous ont valu 4 rapports de MM. Hraback, Poussigue, Stassart et Petit. La question de l'exploitation à grande profondeur, qui se pose déjà actuellement, deviendra de plus en plus l'objet de nos préoccupations. Comment, en perfectionnant ou en modifiant nos engins d'extraction actuels, nos câbles, nos machines, pourrions-nous aller chercher à 1.000, à 2.000 mètres ou plus, les richesses que nous aurons épuisées à des profondeurs moindres? Comment pourrions-nous vaincre ces élévations énormes de température qui atteignent 25° à 1.000 mètres, peut-être 55° à 2.000 mètres? Tels sont les points qui ont plus spécialement attiré l'attention des auteurs qui ont traité ce sujet.

« M. Hraback, conseiller des mines à Pzibram, envisageant particulièrement la question de l'extraction, décrit d'une manière fort intéressante l'installation du puits Adalbert à Pzibram, de 1.000 mètres de profondeur, celle du puits de 900 mètres à Zwickau et plusieurs autres installations plus connues. Il conclut à la limite de 1.000 mètres pour l'emploi de la bobine à câble plat, et à la nécessité des tambours spiraloïdes avec câbles ronds pour les profondeurs plus grandes ; pour M. Hraback, ces profondeurs pourraient atteindre 2.500 et même 2.700 mètres en adoptant deux appareils d'extraction agissant successivement quoique installés tous deux au jour.

« Bien que nous n'ayons pas encore en France de semblables éventualités à envisager, le problème de l'extraction à grande profondeur y a déjà donné lieu à de remarquables études.

« Dans un mémoire des plus complets, M. Poussigue, le distingué directeur des mines de Ronchamp, s'est particulièrement étendu sur la question de l'aérage en vue de la diminution de température. M. Poussigue montre bien qu'il faudra s'attacher dans les mines profondes à obtenir à la fois des orifices équivalents aussi grands que possible et de fortes dépressions. La question a été résolue à Ronchamp au moyen de ventilateurs en tandem. Quant aux procédés d'extraction, M. Poussigue passe en revue tous les systèmes proposés ; il les décrit avec une grande clarté et donne la préférence aux câbles ronds en acier à grande résistance, diminués et s'enroulant sur tambours coniques.

« Telle n'est pas l'opinion de M. Stassart, ingénieur au corps des mines de Belgique, qui préconise les câbles plats en aloès, très répandus d'ailleurs chez nos voisins et très étudiés, comme chacun le sait, par leurs cons-

tructeurs spéciaux. M. Stassart s'est efforcé surtout de se rendre compte de la répartition des températures dans les mines, et de fixer le degré géothermique en ayant égard aux influences diverses qui viennent le modifier dans chaque cas, et il met sous nos yeux les résultats de ses patientes expériences personnelles.

« La question de l'exploitation à grande profondeur n'est pas seulement intéressante quand on l'envisage à un point de vue général ; elle soulève une multitude de points de détail qu'il convient d'examiner avec le plus grand soin si l'on ne veut éprouver des mécomptes ; tel est en particulier le cas pour la ventilation. A quoi servirait en effet d'avoir des ventilateurs puissants si l'on ne s'efforçait de tirer le meilleur parti possible des courants d'air qu'ils mettent à notre disposition ? Il faut donc suivre ces courants pas à pas, les diviser méthodiquement, et éviter à chacune de leurs branches toute résistance inutile. Ce sera le grand mérite de M. Petit d'avoir attiré l'attention des ingénieurs sur ces idées capitales dans son beau travail sur l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou. L'auteur nous a lui-même fort élégamment résumé son mémoire, nous faisant admirer tour à tour l'ingéniosité de son esprit par l'application qu'il fait de la théorie des ajutages divergents, le caractère pratique de ses recherches par la comparaison qu'il établit entre l'économie annuelle que l'on peut réaliser sur les frais de ventilation avec des puits à grands diamètres et l'amortissement du capital complémentaire que nécessiteraient de semblables installations, son souci prédominant de la sécurité de son personnel par le véritable luxe avec lequel il a organisé l'aérage des grands travaux préparatoires de sa Compagnie. Aussi bien faut-il avoir parcouru ce volume pour se rendre compte du grand nombre de renseignements qu'il contient, de la somme

de travail qu'il a demandée à son auteur et du bien fondé des éloges qu'il lui a valus. Je suis certain d'être votre fidèle interprète en joignant les félicitations de notre Société à toutes celles qui ont été déjà adressées à M. Petit.

« L'emploi de l'électricité dans les mines n'a donné lieu qu'à deux rapports : ceux de MM. Libert et Wendelin.

« Dans sa consciencieuse étude, M. Libert, ingénieur en chef des Mines, Président de la Commission consultative belge d'électricité, nous décrit en détail les principales installations électriques des mines de Belgique, et compare de la façon la plus intéressante l'emploi de l'électricité dans les mines à celui de l'air comprimé ou de l'eau sous pression.

« Ce sont des considérations analogues que développe à son tour M. Wolfgang Wendelin, ingénieur en chef de la Société Siemens et Halske. Sans s'attacher à la description d'installations particulières, il examine successivement chaque classe d'appareils électriques employés dans les mines et montre nettement les brillants progrès accomplis dans chacune d'elles au cours de ces dernières années. Peut-être cependant convient-il de faire des réserves sur la 1^{re} partie de cette conclusion optimiste de l'auteur : « Les objections contre la sécurité des machines électriques minières ou les doutes quant aux avantages qu'elles présentent, n'existent plus. »

« Le mémoire de M. Bachellery sur les haveuses mécaniques aux Etats-Unis est le seul qui se rattache à l'étude des moyens propres à réduire la main-d'œuvre dans l'industrie des mines. L'auteur nous signale le prodigieux développement qu'a pris de l'autre côté de l'Atlantique l'abattage mécanique du charbon. Les appareils que décrit M. Bachellery sont d'ailleurs déjà

devenus familiers à plusieurs d'entre vous en raison des études et des expériences entreprises à leur sujet dans tous nos bassins houillers.

« Au chapitre des questions diverses, nous trouvons d'abord un mémoire de M. Kotsowsky, professeur à l'Institut des mines de l'impératrice Catherine de Saint-Pétersbourg, sur la composition de l'air des mines dans le bassin du Donetz. M. Kotsowsky y expose les savants travaux qu'il poursuit à la demande du gouvernement russe, en s'inspirant des travaux déjà faits par les Commissions françaises.

« M. Wedding, professeur à l'académie des mines de Berlin, étudie les procédés nouveaux de séparation magnétique des minerais; M. Smits, ingénieur à Dusseldorf, décrit spécialement le procédé Wetherill.

« M. Pellati, inspecteur général des mines d'Italie, n'a pas adressé moins de 3 mémoires au Congrès; il y expose l'état actuel de l'industrie du soufre en Sicile et décrit soit les méthodes de préparation mécanique des minerais en Sardaigne, soit les dispositions capables de faciliter l'usage du fil hélicoïdal pour la taille du marbre en roche.

« Nous devons enfin à un ingénieur russe, M. Szymonowsky, une étude très complète sur la région de Krivoï-Rog et l'industrie métallurgique de la Russie méridionale.

« Bien que moins nombreux que les précédents, les mémoires inspirés par les trois questions de métallurgie étudiées par le Congrès sont bien dignes de fixer notre attention.

« M. Hubert, ingénieur en chef des mines de Belgique, bien connu par les travaux qu'il a poursuivis sur l'utilisation directe des gaz de hauts-fourneaux, étudie les différents systèmes de moteurs qui ont été construits dans ce but en Allemagne, en Belgique et en France.

Si des avantages évidents n'apparaissent pas encore en faveur de l'un ou de l'autre des différents systèmes proposés (système Simplex de Seraing, système Otto, système Von-Echelhaüser, etc.), des résultats incontestables ont été acquis dans l'ensemble, et il est permis de penser que l'utilisation directe des gaz de hauts-fourneaux changera sans doute un jour la situation économique de plusieurs districts métallurgiques.

« M. Rocour nous montre, à son tour, quel prodigieux essor le procédé Thomas a imprimé à nos aciéries et nous donne de fort intéressants aperçus sur l'avenir qui leur est réservé ; les nouvelles études qui se poursuivent partout nous font envisager cet avenir avec confiance.

« Une des dernières et des plus curieuses découvertes est bien celle de la constitution et des propriétés des aciers spéciaux, et nous avons lu avec un intérêt tout particulier le savant mémoire écrit à ce sujet par notre distingué secrétaire général, M. Babu. Ce mémoire est divisé en trois parties. Dans la 1^{re}, l'auteur nous familiarise avec la notion des points critiques, en particulier des points de recalescence et des points de transformation magnétique. Il nous montre toute l'importance qu'il y a à les étudier pour fixer la température de trempe et examine comment ils varient dans les différents aciers spéciaux, au nickel, au manganèse, au silicium, etc... Dans la 2^{me} partie, M. Babu décrit les procédés de fabrication des aciers spéciaux, soit au creuset, soit au four Martin. Enfin, dans la 3^{me} partie, il examine les modes de travail de ces alliages et les curieuses propriétés qu'ils révèlent à la trempe, au recuit, au forgeage.

« La compétence et l'érudition de M. Babu ont été fort remarquées au Congrès, et son mémoire peut être cité

au 1^{er} rang de ceux qui ont fait à cette occasion le plus d'honneur à notre Société.

« Un 4^me mémoire, dû à M. Tissot, est consacré à l'état actuel de la fabrication des moulages d'acier et le suivant, dû au commandant Hartmann, à l'étude des propriétés physiques internes des métaux. Le commandant Hartmann, dont le nom fait autorité en la matière, est arrivé à formuler de véritables lois au sujet des phénomènes observés pendant la déformation des métaux. Ces phénomènes ont d'abord causé une vive surprise, et, cependant, il ne semble pas douteux qu'ils s'expliqueront un jour d'une façon parfaite au moyen de notions relativement simples sur la constitution physique des corps.

« La métallurgie des métaux autres que le fer n'a donné lieu qu'à 2 mémoires : l'un de M. Héroult sur la fabrication de l'aluminium, l'autre de M. Bousquet sur la métallurgie de l'or au Transwaal.

• Le 1^{er} est une courte histoire de l'aluminium en même temps qu'une intéressante description des procédés de préparation actuels.

« Le second, rédigé avec la collaboration de plusieurs ingénieurs du Witwatersrand, MM. Williams Pearce, Caldecott, Scrymgeour et le docteur Lœvy, est une étude fort complète du procédé de cyanuration tel qu'il a été appliqué jusqu'à la guerre aux riches minerais du sud de l'Afrique. On peut voir avec quelle activité l'extraction s'est poursuivie dans cette région à mesure que les procédés se perfectionnaient, et comment on a pu arriver à retirer 90 % de l'or contenu dans ce minerai. La perfection des méthodes d'analyse, que nous indique le docteur Lœvy, n'est certainement pas étrangère à ces beaux résultats.

« Les réunions de nos différents districts ont été,

semble-t-il, fort peu nombreuses, et nos *comptes rendus mensuels* ne renferment que les procès-verbaux de 12 séances : 9 du district de Saint-Etienne, 1 du district de Paris, 1 du district du Nord et 1 du district du Centre. Vous me pardonnerez, Messieurs, si je plaide encore une fois auprès de vous la cause des réunions de district, mais leur fréquence me paraît la véritable caractéristique de la vitalité de notre Société dans chaque région. Et, en dehors même de l'intérêt qui peut s'attacher à telle communication à l'ordre du jour, n'y a-t-il pas un avantage évident pour les ingénieurs d'un même bassin à se réunir de temps à autre pour échanger leurs idées et discuter sur les questions d'actualité ? L'abstention des jeunes ingénieurs me paraît particulièrement regrettable et j'ai peine à croire qu'ils ne comprennent pas tout le bénéfice qu'ils pourraient retirer du commerce de collègues plus anciens et plus expérimentés. Messieurs, c'est à nos présidents de district qu'il appartient de remédier à cette indifférence qui pourrait devenir fatale, et j'adresse à leur dévouement le plus pressant appel pour qu'ils veuillent bien organiser des réunions à intervalles réguliers, pour qu'ils les rendent attrayantes et les fassent ainsi fréquenter par un nombre toujours plus grand de collègues.

« Bien que les réunions de district aient été peu nombreuses, nos Comptes Rendus renferment d'intéressantes communications dont plusieurs auraient largement mérité les honneurs d'une insertion au Bulletin si notre principale publication n'avait été entièrement consacrée aux travaux du Congrès. Je citerai notamment dans nos réunions de Saint-Etienne :

« Une intéressante étude de M. Bouteille sur le procédé de fonçage employé au puits Gillier ;

« Une note de M. Faure et une de M. Baudot, la 1^{re}

sur les vestiaires-lavabos du Treuil, la seconde sur ceux de la Varenne ;

« Une communication de M. Fouletier sur l'Ile et les charbonnages de Kébao ;

« Plusieurs notes de M. Journolleau sur l'industrie russe ;

« Un très intéressant rapport de M. Chanial sur les installations électriques en Allemagne ;

« Une traduction de M. Pierronne sur le bassin du Donetz ;

« Une communication de M. Clamens sur les machines motrices de laminoirs ;

« Le résumé d'une conférence sur les charbonnages du Tonkin, faite par M. Leclère, au Congrès des Sociétés de Géographie ;

« Une remarquable communication de M. Rateau, que nous sommes toujours heureux de revoir dans la Loire, sur les ventilateurs et pompes centrifuges à haute pression ;

« Enfin, le procès-verbal de la visite faite par les membres du district de Saint-Etienne aux Aciéries de la marine à Saint-Chamond.

« Dans la séance du 29 avril du district du Centre, nous trouvons :

« Deux notes de M. Lemièrre sur la transformation des végétaux en combustibles fossiles et sur l'utilisation d'un siège d'extraction en fin d'industrie ;

« Une communication de M. Matheron sur les fonçage et muraillement simultanés du puits n° 3 des mines de la Bouble ;

« Une note de M. Dumuis sur l'emploi des gaz de fours à coke ;

« Une note de M. Héliot sur la fabrication du sulfate d'ammoniaque ;

• Enfin deux notes de M. Piron, extraites de publications étrangères, et une de M. Héliot sur l'utilisation des gaz de hauts-fourneaux.

« Le district du Nord nous a donné plusieurs communications particulièrement intéressantes :

« De M. Lafitte, sur les caractères géologiques du terrain houiller au voisinage du calcaire carbonifère à Lens ;

« De M. Guillemin, sur le calcul d'un mur de retenue en maçonnerie ;

« De M. Havard-Duclos, sur la fermeture des descenderies et plans inclinés ;

« De M. Bresson, sur les installations électriques des mines de Nœux ;

« De M. Portier, sur son procédé d'injection de ciment pour rendre étanches les cuvelages.

« Le district de Paris nous a apporté enfin une étude de M. Bel sur les prospections et travaux de recherches en différents pays.

« Cette longue énumération vous montre bien, Messieurs, quelle somme considérable de travail la Société a dû fournir cette année. Votre Conseil d'Administration n'a cependant pas cru devoir allouer de médailles d'or aux auteurs des meilleurs mémoires que nous avons publiés ; le nombre des travaux à récompenser eût, en effet, de beaucoup dépassé les ressources que nos statuts mettent à notre disposition, et nous aurions eu en outre le vif regret d'éliminer de la liste de nos lauréats, pour rester fidèles à notre règlement, certains des auteurs les plus méritants et les plus sympathiques, comme MM. Babu et Petit. Il nous sera permis, en revanche, de féliciter hautement tous nos collaborateurs ordinaires ou occasionnels pour

l'éclat dont ils ont rehaussé le Congrès international de 1900 ; nos félicitations vont surtout volontiers à nos collègues de l'étranger, aux ingénieurs belges qui ont sur tous les sujets, peut-on dire, rédigé des mémoires témoignant d'une connaissance profonde de toutes les particularités de notre art, et à ces praticiens éminents qui, comme MM. Kotsowsky et Pellati, après avoir participé brillamment aux travaux préparatoires du Congrès, en ont suivi toutes les séances, apportant obligeamment le concours de leur expérience dans toutes les discussions.

« Si l'Exposition et le Congrès ont été pour nous l'occasion d'un labeur exceptionnel, nous avons eu la joie d'être largement récompensés de notre peine. La Société de l'Industrie Minérale avait obtenu en 1889 une médaille d'or et elle avait été placée hors concours à l'Exposition de Chicago, en 1894 ; c'est un Grand Prix qui lui a été décerné l'année dernière et chacun de vous pensera, Messieurs, que cette haute récompense couronne dignement les trois premières séries de notre Bulletin, nos belles publications sur Commentry et les neuf Congrès que nous avons organisés.

« Aussi bien, en dehors de cette récompense collective, pouvons-nous être légitimement fiers des prix ou médailles décernés en si grand nombre à nos collègues.

« Il ne me serait pas possible de citer ici, sans vraiment abuser par trop de votre obligeante attention, toutes les Sociétés industrielles, Compagnies de mines ou usines métallurgiques, qui ont vu leurs efforts et leurs succès solennellement reconnus à l'occasion de l'Exposition. Je me bornerai à citer les noms de ceux de nos collègues, et je m'excuse à l'avance des omissions que cette liste pourrait comporter, qui ont reçu des récompenses personnelles :

« Dans la Classe 63, des grands prix ont été décernés à MM. Aguillon, Chesneau, Pinette, Ledoux, Soubeiran, Lavaurs, Agniel, Henri Fayol, Le Chatelier, Robiaud, Reumaux, Chalmeton ;

« Des médailles d'or à MM. Rateau, de Morgues, Lévy, Malartre, Lemay, François, Saclier, Darphin, Mercier, Malatray, Pirckher, Doise, Dombre, Baily, Voisin, Garand, Bresson, Busquet, Tarragonet, Buisson. Fayol, Rodde, Petit, Villiers, Pérès, du Rousset, A. Simon, Desailly, Prudhomme, Naissant, Dinoire, Lafitte, Grand, Darodes, Mazodier, Domage, Prost, Coppée.

« Dans la Classe 64, MM. de Montgolfier et Résimont ont obtenu chacun un grand prix ;

« MM. Beutter, Grobot, Détanger, de Lajudie, Ad. Hugot, Picaud, Adenot, Zyromsky, Denoyelle, Duthu, Espinasse, Malissart, des médailles d'or.

« Nous trouvons encore à la Classe 109, parmi les médailles d'or, les noms de MM. Marsaut et Dombre et à la Classe 118, parmi les grands prix, celui de M. Dalzon.

« Plusieurs de nos collègues ont été en outre nommés ou promus dans l'ordre national de la Légion d'Honneur :

« M. Haton de la Goupillière a été promu à la dignité de grand officier ;

« MM. Arbel, Brustlein, Gruner, Ledoux, Reumaux, Walkenaer ont été promus officiers ;

« MM. Bergeron, Friedel, Voisin, Cornesse, Tarragonet, Dincq, Dombre, Robiaut, Vuillemin, ont été nommés chevaliers.

« Permettez-moi de leur adresser en votre nom nos plus vives et nos bien cordiales félicitations.

« D'aussi brillants résultats nous font, Messieurs, un devoir plus étroit d'exprimer ici toute notre reconnais-

sance à ceux qui ont bien voulu nous aider de leurs conseils et de leur influence. Nous devons en particulier des remerciements à la Commission d'organisation du Congrès des Mines et de la Métallurgie et, plus spécialement, à son secrétaire général, M. Gruner, et à son président, M. Haton.

« M. Gruner m'écrivait un de ces derniers jours pour me prier de l'excuser auprès de vous de ne pouvoir assister à notre Assemblée générale ; il aurait voulu, me disait-il, profiter de cette occasion pour « remercier notre Conseil du concours si complet qu'il a donné sans compter au Comité d'organisation du Congrès ». C'est là, me semble-t-il, Messieurs, un renversement des rôles tout à l'honneur de M. Gruner ; si quelqu'un a donné sans compter, c'est bien, en effet, le distingué secrétaire général du Congrès, et je connais trop vos sentiments pour ne pas savoir que vous serez unanimes à le féliciter d'un dévouement et d'un zèle à toute épreuve, comme aussi d'un attachement héréditaire à notre Société, qui m'a profondément ému et qui ne vous touchera certainement pas moins.

« Il est cependant un de nos collègues auquel nous devons encore plus qu'à M. Gruner ; c'est, vous l'avez tous compris, le savant éminent, le professeur émérite, l'homme dont la modestie et la bienveillance n'ont d'égal que le talent qui a présidé le Congrès de 1900 avec une si haute autorité et a dès le premier jour assuré son succès, sans précédent dans nos annales. L'article 29 de nos statuts vous permet, Messieurs, de décerner le titre d'Administrateur honoraire à ceux de nos collègues qui auront rendu à la Société des services signalés ; votre Conseil d'administration a pensé que vous ne trouveriez pas meilleure occasion d'user de cette prérogative, et il a l'honneur de vous proposer de

nommer M. Haton de la Goupillière administrateur honoraire de la Société de l'Industrie minière.

« La haute situation qu'occupe aujourd'hui dans le Corps des Mines M. Haton de la Goupillière évoque forcément le souvenir de son prédécesseur à la Présidence du Conseil général des mines, M. l'Inspecteur général VICAIRE, et il me semble qu'à l'appel de ce nom les échos assoupis de cette vieille Ecole doivent se réveiller pour redire à ceux d'entre nous qui auraient pu l'oublier, le rôle important joué longtemps à Saint-Etienne par le collègue que nous avons eu la douleur de perdre il y a quelques mois à peine.

« Des voix plus autorisées que la mienne ont rappelé les éminents services de M. Vicaire; je me bornerai donc à dire qu'il fut pendant de longues années un de nos plus dévoués collaborateurs.

« Professeur à l'Ecole des Mines, il enseigna la chimie et la métallurgie, de 1862 à 1875, et occupa pendant le même temps les fonctions de membre de notre Conseil d'administration, puis de vice-président de la Société.

« Parmi les nombreux travaux scientifiques qu'il a laissés, un assez grand nombre ont été publiés dans notre *Bulletin*; je citerai notamment :

« En 1863, une étude sur le procédé Bessemer dont on parlait alors depuis peu de temps et que M. Vicaire avait étudié en Suède et à Assailly dans les usines de MM. Petin et Gaudet;

« En 1868, un mémoire sur l'emploi des combustibles inférieurs dans la métallurgie du fer et spécialement sur le four à sciure de bois Lundin;

« Et, dans l'intervalle, plusieurs communications extraites d'ouvrages étrangers : note sur les estimations de mines par le chevalier Albert de Miller; statistique minière de la Suède, etc. ;

« En 1875, M. Vicaire rédigea le rapport de la Commission chargée par la Société d'expériences sur l'aérage des chantiers grisouteux.

« Il publia enfin, en 1876, un mémoire très remarqué sur la « Distribution de la chaleur dans les fours à cuve » en général et spécialement dans les hauts-fourneaux « à fer » et reçut à cette occasion une médaille d'or de la Société.

« Permettez-moi d'ajouter simplement que l'homme de devoir ne le cédait en rien au savant chez M. Vicaire ; tous ceux qui ont assisté à la séance d'inauguration du Congrès de 1900 se rappellent, non sans une poignante émotion, l'avoir vu s'associer à leurs travaux alors qu'il succombait déjà au mal terrible dont il était frappé ; quelle était belle la leçon sur l'attachement au devoir, quand même et toujours, que donnait ainsi M. Vicaire, en même temps qu'à ses anciens élèves, à ses jeunes camarades et à tous ses collègues !

« D'autres disparitions non moins cruelles sont venues nous affliger au cours de la dernière année. M. LÉVY fut, lui aussi, un de nos plus zélés collaborateurs ; il contribua avec M. Gruner à la fondation de notre Société et nous apporta chaque année, de 1856 à 1870, quelque travail intéressant. Ses principaux mémoires sont les suivants :

« Etudes géologiques sur les bassins houillers de la Moselle, publiées en 1857 et 1859 ;

« Fonçage des puits des mines dans les terrains aquifères (1868).

« Comme M. Vicaire, M. Lévy était titulaire d'une médaille d'or de notre Société.

« La mort a aussi frappé dans les rangs de notre Conseil d'Administration, nous enlevant le sympathique et zélé rapporteur de notre Commission de comptabilité,

M. BARETTA. M. Baretta était membre de notre Conseil depuis 1883 et il avait publié en 1877, dans le *Bulletin* un intéressant mémoire sur la méthode d'exploitation appliquée à la grande couche du puits Montmartre.

« Que d'autres encore, Messieurs, dans la funèbre énumération que quelques souvenirs particulièrement chers m'ont fait entreprendre : Paul CHALMETON, dont chacun se rappelle ici le brillant passage dans la Loire et les grandes qualités d'esprit et de cœur, BOUTAN, qui fut chargé pendant quelque temps d'un service ordinaire à Saint-Etienne, PROST, si prématurément enlevé au bel avenir qui paraissait l'attendre, SIMON, dont le nom est inséparable du développement du bassin de Graissessac, THOMAS, ce contrôleur de 1^{er} ordre que j'avais été si heureux de rencontrer dans l'Ardèche à mon début dans la carrière, BLANCHARD, BASTIDE, BRUN, HINSTIN, MARTENOD, LHOMME, LORMIER, LAIGNEAUX et VAILLOT.

« Puissent les familles de nos regrettés collègues trouver un allègement à leur peine dans l'unanime expression de nos sympathies et de nos profonds regrets.

« Un dernier mot, Messieurs. Le rapport de la Commission de comptabilité, dont vous allez entendre la lecture, vous signalera un important déficit dans notre budget. Ce déficit est cependant notablement inférieur à celui de 23.196 francs constaté en 1895, et, néanmoins, mon prédécesseur, M. Castel, il y a exactement six ans aujourd'hui, après avoir fait ressortir que ce résultat était imputable à la publication de la livraison des Insectes fossiles qui a clôturé l'admirable travail de M. Fayol et de ses collaborateurs, se bornait à vous dire que nous ne devions « regretter en rien cet

« accroissement de dépenses qui nous avait permis de
« mener à bien cette remarquable publication, laquelle
« faisait honneur à ses savants auteurs, et dont l'honneur
« rejaillissait aussi, au moins en partie, sur notre
« Société ». Je ne puis, Messieurs, que répéter aujourd'hui ces sages paroles. C'est par des publications exceptionnelles comme celle de Commentry, c'est par l'organisation de Congrès brillants comme le Congrès international des Mines et de la Métallurgie de 1900 que notre Société se classe au 1^{er} rang et continue à mériter la faveur dont elle jouit dans le monde industriel. Ne les regrettons pas et ne regrettons pas davantage les dépenses que les publications ou Congrès entraînent nécessairement : nous ne saurions faire un meilleur emploi d'une partie des réserves accumulées par la sagesse et la prudence de votre Conseil d'Administration.

« Et maintenant, Messieurs, remettons-nous à l'œuvre, reconstituons nos réserves pendant la période de calme où nous venons d'entrer et préparons-nous de toute façon pour le jour prochain, le temps passe si vite, où nous célébrerons à Saint-Etienne, avec le plus d'éclat possible, le cinquantenaire de notre Société. »

Le discours de M. le Président est accueilli par de vifs applaudissements.

M. CHARVET donne lecture du Rapport de la Commission de Comptabilité et M. BABU du Rapport des Censeurs.

Situation financière

RECETTES

Cotisations des Sociétaires et abonnés.....	33.499 ^r	60	}	39.514 30
Vente aux libraires et à divers	1.959	15		
Revenus et intérêts	2.415	30		
Produit des annonces.....	1.517	»		
Frais de remboursement de 2 obligations rachetées	123	45	}	15.291 10
Reliquat de la Caisse du Congrès.....	14.225	25		
Vente des tirages du Congrès.....	1.063	85		

Déficit de l'Exercice 1900. 19.671 30

TOTAL DES RECETTES 74.476 80

ACTIF

Rente amortissable 3 % : 1.275 fr.	33.866 6
57 obligations Lyon-Genève.	21.898 5
22 — P.-L.-M. 2 1/3 %.....	10.130 6
Soldes débiteurs : Ramel, Bréchnignac et Caisse.....	2.955 9

TOTAL DE L'ACTIF... .. 68.851 6

au 31 Décembre 1900.

DÉPENSES

1^o Frais de publication.

Impression et gravure (payés)	42.282	35	}	61.723	30
Id. (à payer)	14.872	50			
Frais d'expédition... ..	4.588	45			

2^o Frais généraux.

Appointements du trésorier	3.000	»	}	9.916	65
Id. secrétaire-rédacteur	3.150	»			
Id. commis aux écritures	600	•			
Concierges et étrennes.. ..	375	»			
Commissions de banque	785	60			
Frais de bureau	178	45			
Frais des districts	295	80	}		
Bibliothèque.	1.561	80			

3^o Frais divers.

Médaille d'or	208	50	}	2.806	85
Prix du Concours de 1899	750	•			
Exposition	1.710	85			
Divers	137	50			

TOTAL DES DÉPENSES... .. 74.476 80

LAN

PASSIF

Factures à payer	14.872	50	}	53.979	10
Actif net { inaliénable.	7.550	»			
{ libre	46.429	10			
TOTAL DU PASSIF	68.851	60			

Rapport de la Commission de Comptabilité.

« La Commission de Comptabilité vient vous rendre compte de son mandat en vous exposant l'analyse qu'elle a faite des recettes et des dépenses de votre Société pour l'année 1900 et l'appréciation qui en peut résulter sur la situation de cette dernière au point de vue financier.

« *Recettes.* — Le montant des cotisations et des abonnements s'élève à une somme très sensiblement égale à celle des années précédentes, pour un nombre de sociétaires qui s'élève à 1094, dont 19 membres à vie, tandis que ce nombre était

en 1899 de 1.083 membres dont 18 à vie.

1898	1.090	—	18	—
1897	1.087	--	15	—
1896	1.076	—	14	—

« Celui de la vente des publications est en augmentation de 200 francs.

« Les revenus et les intérêts sont en réduction de 167 francs, variation insignifiante qui trouve en quelque sorte sa compensation dans la prime de remboursement de 2 obligations rachetées et s'élevant à fr. 123,45.

« Vous voyez, pour la première fois, figurer à vos recettes le produit des annonces dont vous avez décidé la création comme devant être une source probable de revenus, semblable à celle dont des publications analogues à la nôtre tiraient déjà profit. Le produit brut de cet article a été, cette première année, de fr. 1.517, desquels, en réalité, il y a lieu de déduire les dépenses qui se sont élevées à fr. 451. Le produit net de cette nouvelle institution s'est donc élevé à près de 1.100 francs pour cette première année.

« Viennent des articles qui sont la conséquence du Congrès international des Mines et de la Métallurgie à Paris institué avec le concours de votre Société. L'un est le produit de la vente d'un certain nombre de livraisons contenant les comptes rendus du Congrès ; l'autre est le reliquat des recettes et des dépenses du Comité d'organisation du Congrès que, en principe, ce Comité avait décidé gracieusement d'attribuer à la Société de l'Industrie Minérale en retour du concours qu'elle lui apportait par ses publications, dont elle prenait charge elle-même, et par son influence morale. Ces deux sommes réunies font un total de 15.291 fr. 10 qui, malheureusement, comme cependant vous l'aviez prévu, ne compense pas les dépenses dont l'Exposition universelle et ce Congrès ont été la cause.

« *Dépenses.* — Les frais de publications, gravures et expéditions ont considérablement augmenté sur la moyenne des années précédentes. Nous relevons, en effet, des comptes de ces dernières, qu'en 1897, 1898 et 1899, le coût des publications, des comptes rendus et de leur expédition, s'élève en moyenne à fr. 25.000. C'est donc avec la dépense de 61.723 faite pour 1900, une augmentation de 36.700 francs sur la moyenne précédente et sur laquelle nous reviendrons.

« Les dépenses pour frais généraux ordinaires sont sensiblement les mêmes chaque année, oscillant autour de 8.000 francs, auxquels, cette année, nous avons dû ajouter 1.561 fr. 80, comme l'an passé 1.036, 65, tant pour l'installation provisoire que le Directeur de l'Ecole des Mines, notre Président, a bien voulu nous permettre d'aménager dans les nouveaux bâtiments de l'Ecole pour notre bureau et notre bibliothèque, que pour reliure d'ouvrages. Cette installation est aujourd'hui complète et ne doit plus nécessiter de dépenses appré-

ciables, si ce n'est pour terminer les travaux de reliure des ouvrages que nous possédons.

« Dans les dépenses diverses, vous remarquerez une augmentation de 1.300 francs sur le même article de 1899 et de 930 francs sur celui de 1896. La première différence se justifie par le coût de l'installation que votre Société a faite à l'Exposition universelle de Paris dans la section des Mines et dont l'importance lui a valu, comme vous le savez, un grand prix.

« La différence avec 1898 est moindre parce que, entre autres détails, cet exercice a supporté une dépense de médailles et de prix de concours de 1.719 francs, tandis que 1900 n'a eu que 958 francs.

« En résumé, les dépenses s'élèvent à fr. 74.476,70, en très forte augmentation sur les exercices précédents.

« Cet accroissement doit être attribué à deux causes : l'augmentation des publications de la Société et les dépenses auxquelles elle a été entraînée par le Congrès des Mines et de la Métallurgie.

« Les frais de publication du Bulletin proprement dit et des Comptes Rendus sont de 40.876,90, en augmentation de 12.000 francs environ sur la moyenne des exercices précédents due à l'augmentation donnée cette année à l'importance de notre publication. Les première et deuxième livraisons comportent un volume de 510 pages et un atlas de 8 planches ; les troisième et quatrième livraisons 1.872 pages et 17 planches. C'est en somme une publication de 2.382 pages avec nombreux clichés intercalés et planches, tandis que nous voyons les Bulletins des années précédentes ne comprendre que 1.200 pages en moyenne. On peut donc dire qu'en 1900 il a été publié l'équivalent de deux années environ. Cette augmentation trouve sa cause dans l'abondance des matières que nous avons eues à publier en donnant

toutes les communications faites au Congrès ; cette abondance dépasse ce que donnent normalement les mémoires présentés annuellement à la Société. Cette augmentation de nos dépenses par cet article est exceptionnelle.

« Il faut aussi regarder comme dépenses extraordinaires et spéciales à cette année les frais de tirage de 1.000 exemplaires du mémoire de M. Babu sur l'Ecole des Mines donné à l'Ecole même.

« D'autre part, les frais de publications qu'a dû faire votre Société pour les membres du Congrès s'élèvent à fr. 28.046,40, desquels il convient de déduire les 15.291,10 qu'ont produit le versement du Comité et la vente des publications du Congrès. Il reste donc définitivement à la charge de notre Société, du fait du Congrès, la somme de fr. 5.555,30, à laquelle il convient d'ajouter toutefois pour mémoire, déduction faite des concours promis par un auteur et des ventes continuelles, certaines dépenses qui resteront à faire en 1901 pour la publication de 700 exemplaires des première, deuxième et troisième livraisons à remettre aux adhérents du Congrès non membres de notre Société. Vous estimerez cette dépense pour peu de chose assurément à côté du relief que la Société de l'Industrie Minérale a gagné à ce Congrès international et de l'extension de sa bonne renommée dans le personnel des Mines et de la Métallurgie du monde entier.

« La balance des recettes et des dépenses donne un déficit de fr. 19.671,10, qui cause une diminution égale à notre avoir social, l'abaissant de..... 73.650 20
à..... 53.979 10

« En réalité, notre actif social est plus important, car il consiste en titres divers : rentes amortissables à 3 %, obligations de Lyon-Genève et P.-L.-M. comptées à leur prix d'achat et dont la valeur au cours du

31 décembre donnerait une plus-value de 12.660 fr. 35, ce qui élève réellement cet actif à la somme de 66.639 fr. 45.

« Cette nouvelle réduction de notre actif social et l'arrêt que subit ainsi l'accroissement de ce dernier depuis deux années appellent notre attention.

« Or, il nous suffit, semble-t-il, de nous reporter aux conclusions du rapport de la Commission chargée en 1897 d'étudier les conditions d'avenir de notre Société et auxquelles vous resterez toujours fidèles en vous rapprochant de ses prévisions de budget, veillant scrupuleusement dans les années normales à augmenter votre réserve afin de supporter sans trop de déchet les charges des exercices exceptionnellement marqués par la publication d'un mémoire coûteux, ou un Congrès, ou telle autre cause.

« Les autres chapitres des dépenses sont normaux et n'attirent pas l'attention.

« Quant aux recettes, si sur l'article « annonces » nous avons le droit d'espérer que progressivement nous atteindrons la somme prévue de 3.000 francs, puisqu'à nos débuts nous avons 1.100 francs, du moins faut-il que l'on cherche à les multiplier en sollicitant les souscriptions. Et le point le plus important sur lequel nos efforts doivent se porter, c'est l'augmentation du nombre des membres de la Société. Sans considérer qu'il puisse se développer indéfiniment, il apparaît cependant que nous devrions, à la suite du Congrès récent, profiter de cette plus grande notoriété de notre Société et des services qu'elle rend, pour entraîner une partie des adhérents à ce Congrès qui ne sont pas inscrits comme membres.

« Telles sont les conclusions que soumet votre Commission à votre appréciation, après avoir examiné vos

comptes dont la tenue est toujours régulière et mérite à notre trésorier-archiviste nos sincères remerciements ».

Henri CHARVET, HARMET, V. BIÉTRIX.

Rapport des Censeurs.

« Messieurs,

« Nous avons l'honneur de vous soumettre notre rapport sur les comptes de l'année 1900.

« Obligée par les circonstances et la situation qu'elle occupe, votre Société a dû s'imposer de grands sacrifices à l'occasion du Congrès des Mines et de la Métallurgie, soit en multipliant ses publications, soit en leur donnant une plus grande importance, aussi les résultats financiers accusent-ils une perte relativement importante.

« Comparés avec ceux de l'année dernière, les divers éléments des opérations, tant actifs que passifs, ont accusé les différences suivantes :

Diminutions. Augmentations

« Les recettes des cotisations ont atteint 33.499, 60, en diminution de 62 fr. 05 sur celles de l'année précédente, qui avaient été de 33.561 fr. 65

« La vente aux libraires et à divers accuse, au contraire, une augmentation de..... 207 75

« Les revenus et intérêts qui étaient de 2.582 fr. 65 en 1899 ne sont plus que de 2.538 fr. 95 pour cette année, y compris la prime de rembour-

A reporter..... 62 05 207 75

	Diminutions.	Augmentations.
<i>Report</i>	62 50	207 50
sement de deux obligations, soit encore une diminution de.....	43 70	
« Mais le produit des annonces, qui est une nouvelle source de revenu depuis cette année, a donné.		1.517
« Le reliquat du Congrès, augmenté de la vente des tirages qui l'ont concerné, ont donné une recette totale de.....		15.291 10
	105 75	17.015 85
« Dont il faut déduire les diminutions.....		105 75
« Les recettes inscrivent donc une augmentation de 16.910 fr. 10 sur celles de l'année dernière.....		16.910 10
« Mais, au chapitre des dépenses, on remarque les différences suivantes qui sont toutes en augmentation sur celles de l'année dernière :		
	Diminutions.	Augmentations.
« Les frais de publication qui se totalisaient par 32.399 fr. 30, en 1899, s'élèvent, cette année, à 61.723 fr. 30 en augmentation de.....		29.324
« Les frais généraux qui étaient de 9.135 francs passent à 9.946 fr. 65, soit en plus.....		811 65
« Les frais divers, de leur côté, passent aussi d'une année à l'autre, à cause des dépenses pour l'Exposition, de 1.490 fr. 25 à 2.806,85, soit en plus.....		1.316 60
« Toutes ces augmentations des dépenses se totalisent donc par....		31.452 25

« Le résumé général des opérations de l'année se dresse donc ainsi :

Recettes s'élevant à.....	54.805 60
Dépenses s'élevant à.....	74.476 80

« Soit un déficit de..... 19.671 20
qui diminue d'autant l'actif social.

« L'ère des dépenses extraordinaires étant traversée, on peut prévoir, dès maintenant, que votre Société, continuant sa marche habituelle de prospérité financière, verra prochainement combler ce déficit.

« La tenue des écritures ne laissant rien à désirer, nous estimons, ainsi que votre Commission de comptabilité, que vous voudrez bien approuver les comptes qui vous sont présentés. »

Saint-Etienne, le 15 mai 1901.

L. VIER. V. GARDETTE.

Consultée par M. le Président, l'Assemblée approuve à l'unanimité les Comptes pour l'exercice 1900.

M. Tauzin cède la présidence à M. de Villaine, vice-président de la Société.

M. le Président annonce les résultats du vote pour l'élection du président de la Société et de huit membres du Conseil d'administration.

Ces résultats sont les suivants :

Nombre de votants :	312
Bulletins nuls :	8

ÉLECTION DU PRÉSIDENT

M. TAUZIN a obtenu 301 voix.

M. le Président proclame président de la Société, pour une période de 3 ans, M. Tauzin, président sortant, rééligible.

ÉLECTION DE HUIT MEMBRES DU CONSEIL

Ont obtenu :

MM. BABU.....	301 voix.
CHARVET.....	299 —
HARMET.....	302 —
MICHALOWSKI.....	300 —
MURGUE.....	301 —
PETIT.....	300 —
VOISIN.....	301 —
GARAND.....	298 —
Divers.....	9 —

En conséquence, M. le Président proclame membres du Conseil : MM. Babu, Charvet, Harmet, Michalowski, Murgue, Petit, Voisin, membres du Conseil sortant rééligibles, et M. Garand, en remplacement de M. Baretta, décédé.

Sur la proposition de M. Tauzin, qui a repris la présidence de l'Assemblée, M. Murgue est nommé vice-président de la Société, en remplacement de M. Villiers démissionnaire.

M. Babu est renommé secrétaire général.

M. Petit est renommé secrétaire.

M. LE PRÉSIDENT demande à l'Assemblée de sanctionner par son vote la proposition qu'il a faite au cours de son discours, de nommer M. Haton de la Goupillière administrateur honoraire de la Société.

La nomination de M. Haton de la Goupillière est adoptée par acclamation.

MM. Gardette et Vier sont réélus censeurs pour l'exercice 1901.

L'ordre du jour étant épuisé, M. le Président demande si quelque membre a des propositions à soumettre à l'Assemblée.

M. MURGUE remercie M. le Président, au nom de la Société amicale des Anciens Elèves de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, d'avoir sollicité et obtenu de l'administration des chemins de fer P.-L.-M. la faveur du demi-tarif pour les membres de la Société de l'Industrie Minérale qui se rendent à l'Assemblée générale. Cette mesure contribuera certainement à augmenter le nombre des assistants aux Assemblées des deux Sociétés.

M. LE PRÉSIDENT déclare levée la séance de l'Assemblée générale ordinaire.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Par suite des dernières élections, le Conseil se trouve composé de la manière suivante :

Président d'honneur :

M. CASTEL, Inspecteur général des Mines en retraite, à Paris.

Administrateurs honoraires :

MM. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, membre de l'Institut, vice-président du Conseil général des Mines.

BAURE, ancien directeur des Houillères de la Compagnie des Forges de Châtillon et Commentry, à Lyon.

EUVERTE, ancien directeur des usines de Terrenoire, à Paris.

DE CASTELNAU, ingénieur en chef des mines, à Paris.

Président de la Société :

M. TAUZIN, ingénieur en chef des mines, directeur de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.

Vice-Présidents :

MM. DE VILLAIN, directeur honoraire et administrateur de la Compagnie des Houillères de Montrambert.

EVARD (Maxim.), ingénieur à Saint-Etienne.

LESEURE, ingénieur en chef des mines en retraite, à Saint-Etienne.

MURGUE, directeur de la Société des Houillères de Montrambert.

Secrétaire général :

M. BABU, ingénieur au Corps des Mines, directeur-adjoint de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.

Secrétaire :

M. PETIT, ingénieur en chef de la Société des Houillères de Saint-Etienne.

Trésorier-Archiviste :

M. GRAND'EURY, professeur honoraire à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.

Membres :

MM. BIÉTRIX, gérant de la Société des Ateliers de la Chaléassière, à Saint-Etienne.

BRUSTLEIN, ingénieur-directeur des usines Jacob Holtzer et C^{ie}, à Unieux (Loire).

CHARVET, ingénieur civil des mines, à Saint-Etienne.

CROZET (Emile), ingénieur-directeur des ateliers de construction Fourneyron, au Chambon (Loire).

FRIEDEL, ingénieur au Corps des Mines, professeur à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.

MM. GARAND, ingénieur principal de la Compagnie des Mines de Roche-la-Molière et Firminy.

HARMET, ingénieur-directeur des Forges et Aciéries de Saint-Etienne.

HUGOT, directeur de la Société des Forges et Aciéries de Firminy.

MICHALOWSKI, ingénieur en chef de la Société des Mines de la Loire, à Saint-Etienne.

DE MONTGOLFIER, directeur général de la Compagnie des Hauts-fourneaux, Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer, à Saint-Chamond.

MORTIER, ingénieur civil, à Saint-Etienne.

DU ROUSSET, directeur de la Compagnie des Mines de la Loire, à Saint-Etienne.

VILLIERS, directeur de la Société des Houillères de Saint-Etienne.

VOISIN, directeur de la Compagnie des Mines de Roche-la-Molière et Firminy.

ACTES ADMINISTRATIFS

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Séance du 22 janvier 1901.

Sont présents : MM. Tauzin, président ; Leseure, Villiers, vice-présidents ; Babu, Biétrix, Brustlein, Charvet, Friedel, Grand'Eury, Michalowski, Mortier, Petit, Voisin.

S'excusent : MM. Evrard, Hugot, du Rousset.

M. le Président félicite M. Brustlein de sa nomination au grade d'officier de la Légion d'honneur. Il fait l'éloge funèbre de M. Baretta.

A la suite de l'entrevue que M. Tauzin a eue à Paris avec MM. Haton et Gruner, il a été décidé de répondre au bourgmestre de Dusseldorf que la Société de l'Industrie minérale se bornerait à remplir le rôle de sous-comité national français si un congrès était organisé à l'occasion de l'exposition de Dusseldorf.

Le Conseil nomme la Commission de comptabilité dont feront partie MM. Biétrix, Harmet et Charvet. M. Leseure est chargé de vérifier l'état de la bibliothèque.

Le Conseil décide de consacrer les premières livraisons de 1901 à la publication du compte rendu des séances du Congrès.

Le Comité des Houillères a pris à sa charge les frais de location de l'emplacement occupé à l'Exposition par la Société. M. le Président remercie M. du Rousset de cette libéralité.

Malgré les instances de ses collègues, M. Villiers maintient sa démission de vice-président de la Société qu'il avait adressée par lettre à M. le Président.

Séance du 19 mars 1901.

Sont présents : MM. Tausin, président ; Leseure, vice-président ; Biéatrix, Charvet, Grand'Eury, Harmet, Mortier, Murgue, Michalowski, Petit, Villiers.

S'excusent : MM. Babu, Brustlein, Evrard, Friedel, Hugot, du Rousset, Voisin.

Le Conseil approuve le rapport de la Commission de comptabilité et décide d'étudier, à l'occasion du commencement de la publication de la 4^e série du *Bulletin* (1902), la question du changement du format et de la suppression de l'atlas

MM. Leseure, Babu, Petit, Grand'Eury et Harmet sont chargés de se réunir en commission et de présenter un rapport à ce sujet au prochain Conseil.

M. Garand sera proposé à l'Assemblée générale comme membre du Conseil, en remplacement de M. Baretta.

La réélection des 7 membres sortants sera également proposée.

M. Murgue sera présenté pour les fonctions de vice-président, en remplacement de M. Villiers, démissionnaire.

M. Tausin annonce qu'il a l'intention de demander à l'Assemblée générale de nommer M. Haton de la Goupillière administrateur honoraire de la Société, en raison des services qu'il lui a rendus à l'occasion du Congrès.

Le Conseil décide de ne pas distribuer, cette année, de médaille d'or.

Les trois premières livraisons de 1901 seront occupées par les procès-verbaux des séances du Congrès ; la 4^e livraison pourra renfermer le mémoire de M. Laponche, les documents administratifs et la liste des membres.

Séance du 16 juillet 1901.

Sont présents : MM. Tausin, président ; Leseure, Murgue, vice-présidents ; Babu, Brustlein, Charvet, Crozet, Grand'Eury, Michalowski, Petit, Voisin.

S'excusent : MM. Biéatrix, Harmet, Hugot.

M. le Président propose la vente des titres de rente 3 % que possède la Société, ce qui permettrait de réaliser une

plus-value importante sur le prix d'achat. Après diverses observations, cette proposition est acceptée. Quand la vente sera effectuée, on rachètera pour la somme inscrite au bilan et qui avait été consacrée à l'achat de 425 titres de rente 3 %, des obligations de chemin de fer.

La Commission du Bulletin dépose son rapport. Elle propose :

1° De réserver l'atlas aux publications exceptionnelles et aux grands dessins d'exécution, dessins de machines, etc. ;

2° De tirer la plupart des dessins sur des feuilles de dimensions variables mais ayant autant que possible la même hauteur que les pages de texte, et encartées dans le texte ;

3° De ne placer dans le texte même que les schémas, plans et dessins très simples.

Le Conseil approuve ces conclusions et décide également d'examiner ultérieurement s'il n'y aurait pas lieu d'adopter pour le Bulletin un papier d'aussi bonne qualité mais plus léger, de façon à diminuer les frais d'expédition.

Le Conseil s'occupe de la composition du Bulletin. Plusieurs mémoires destinés à être publiés en 1902 sont soumis, conformément au règlement, à l'examen de deux membres du Conseil.

Sur la proposition de M. le Président, le Conseil décide de définir exactement les limites des différents districts de la Société qui seront établies à l'avenir de la façon suivante :

District du Nord : Arrondissements minéralogiques de Douai et d'Arras.

District de Paris : Arrondissements minéralogiques de Paris, du Mans et de Nancy (provisoirement) ; sous-arrondissements d'Angers et de Tours.

District du Nord-Est : Arrondissement minéralogique de Nancy (à prendre sur Paris) et Alsace-Lorraine.

District de Bourgogne : Arrondissement minéralogique de Chalon-sur-Saône et département de la Nièvre.

District du Centre : Arrondissement minéralogique de Clermont, moins le département de la Nièvre et les arrondissements administratifs du Puy et d'Yssingeaux, et sous-arrondissement minéralogique de Bourges.

District de Saint-Etienne : Arrondissements minéralogiques de Saint-Etienne et de Grenoble, département de la Haute-Loire (arrondissements du Puy et d'Yssingeaux).

District du Sud-Est : Arrondissements minéralogiques de Marseille et d'Alais.

District du Sud-Ouest : Arrondissements minéralogiques de Toulouse et de Bordeaux.

(Voir la carte ci-contre.)

Le Conseil décide que la Société sera représentée au Congrès de Glasgow par M. Le Neve Foster qui a accepté cette mission, et un jeune ingénieur de Saint-Etienne qui sera désigné par le Bureau.

Séance du 19 novembre 1901.

Sont présents : MM. Tauzin, président ; Evrard, Leseure, vice-présidents, Brustlein, Charvet, Garand, Michalowski, Petit, du Rousset, Villiers, Voisin.

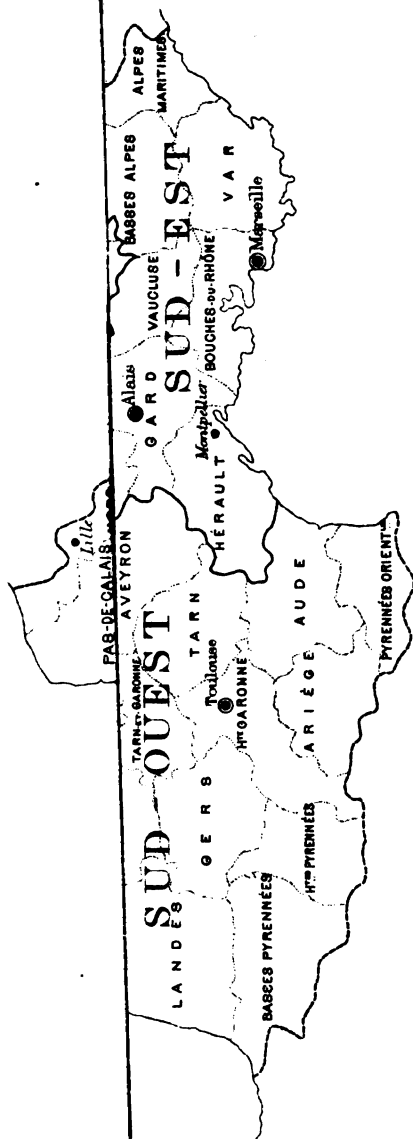
S'excusent : MM. Murgue, vice-président ; Biéatrix, Grand'Eury, Harmet, Mortier.

A la suite de la lettre-circulaire qui a été adressée à tous les membres du Congrès international de 1900 qui ne faisaient pas partie de la Société de l'Industrie minérale, 62 de ceux-ci ont demandé à se faire inscrire. Ces Ingénieurs sont présentés par MM. Gruner et Babu. Le Conseil prononce leur admission à partir du 1^{er} janvier 1902.

Ce sont :

MM. Agniel (Georges), Baclé, Bauer, Baudouin, Beigbeder, Blanc (Paul), Bolle, Brunon, Chateau, Chantraine, Damaschka, Deladrière, Derclaye, Denizot, Dondelinger, Douglas, Drouin, Engel, Fera, Focquet, François (Charles), Gallas, Goldschmidt, Hollings, Howe, Jegoroff, Jannettaz, Kotsowsky, Krabler, Laue, Laran, Lenoir, Libert, Lozé, Lyon, Marchand, Mar, Martin, Michel (Charles), Mitinsky, de Montgolfier, Muser, Navez, Piélin, Prodhomme, de Réneville, Reymond (Georges), de Rogowski, Roose, Rosambert, Roux (Léon-

ÉTENDUE DES DISTRICTS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE



● — CHEF-LIEU D'ARRONDISSEMENT MINÉRALOGIQUE

● — CHEF-LIEU DE SOUS-ARRONDISSEMENT MINÉRALOGIQUE

Jessé), Schmerber, Société anonyme des Forges de Clabeoq, Soupart, Stassart, Taravellier, Treinen, Troullier, Vanlair, Voillaume, Werth, Woiniewitch.

Sont encore présentés et admis membres de la Société : MM. Pellerin, Tissot, Boyer, Remengeon, Olive, Ferey, Rabault, Mias, Hiby, Bouvier, Limouzin, Broussier, Seyve, Viannay et la Société des Mines de Lens.

M. le Président explique les raisons pour lesquelles la vente des titres de rente 3 %, décidée dans la dernière séance du Conseil, n'a pu encore être effectuée ; il est heureux d'ajouter que le Comité d'installation de la classe 63 de l'Exposition de 1900 a bien voulu abandonner à la Société une partie du reliquat de ses comptes et lui a envoyé 5.000 francs. Le Conseil s'associe aux remerciements que M. le Président a adressés en son nom à M. Gruner à cette occasion.

M. Petit, chargé par le Conseil d'examiner avec ses collègues du secrétariat s'il n'y aurait pas lieu d'employer un autre papier pour l'impression du *Bulletin*, dit que les propositions faites par l'imprimerie ne permettent pas de réaliser une économie notable ; il propose en conséquence de conserver le papier actuel. Cette proposition est adoptée.

Le Conseil examine différents mémoires dont l'insertion au *Bulletin* est demandée et arrête la composition de la 1^{re} livraison de 1902.

Le Secrétaire du Conseil,

P. PETIT.

LISTE

DES

PUBLICATIONS REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

1° Publications périodiques.

Annales des Mines, 9^e livraison de 1900 — 7^e livraison de 1901.

Annales des Ponts et Chaussées, Mémoires : 3^e, 4^e trimestres 1900, 1^{er}, 2^e trimestres 1901.

Lois et Décrets : octobre 1900 — août 1901.

Annales de la Société d'Agriculture du département de la Loire, 3^e et 4^e livraisons 1900, 1^{re}, 2^e livraisons 1901.

Annales de la Société d'Agriculture de Lyon.

Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, 3^e série, tome II.

Annales des Mines de Belgique, 1^{re} — 3^e livraisons 1901.

Association française pour l'avancement des Sciences, 1900.

Association amicale des Anciens Elèves de l'Ecole supérieure des Mines de Paris, Bulletins n^{os} 8 (1900) — 9 (1901).

Bibliographie des Sciences et de l'Industrie, novembre 1900, novembre 1901.

Bulletin de la Société d'Encouragement, octobre 1900, octobre 1901.

Bulletin technologique des Sociétés des Anciens Elèves des Ecoles nationales d'Arts et Métiers, novembre 1900, novembre 1901.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, octobre 1900, octobre 1901.

Bulletin de la Société Géologique de France, tome XXVII, n^o 6, tome XXVIII, n^{os} 6-8, 4^e série, tome I, n^{os} 1, 2.

Bulletin de la Société Belge de Géologie, fascicules 2, 3, 4, 1900, 1, 3, 4, 1901.

Bulletin de l'Union des Charbonnages de la province de Liège, juillet 1900 — avril 1901.

Bulletin de la Société Industrielle du Nord, 3^e trimestre 1899 — 3^e trimestre 1901.

Bulletin de la Société Géologique du Nord, 3^e et 4^e livraisons 1900.

Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Autun, 13^e bulletin
Comité des Houillères, circulaires n^{os} 1972 à 2146.

Comité des Forges, bulletins n^{os} 1692 à 1860.

Compte rendu du Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, 24^e Congrès. (Congrès international.)

Echo des Mines et de la Métallurgie, numéros de chaque jeudi de novembre 1900 à novembre 1901.

Génie civil, tome XXXVIII, n^{os} 7-26, tome XXXIX.

Journal de l'électrolyse, n^{os} de novembre 1900 à novembre 1901.

Jurisprudence générale (Dalloz), 1^{er}-17^e cahiers 1901.

Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, septembre 1900 — octobre 1901.

Le mois scientifique et industriel, avril-août 1901.

La Nature, n^{os} 1434-1485.

Le Mexique, n^o 8, tome III — 8 tome IV.

Office du Travail, novembre 1900 — octobre 1901.

Praticien Industriel, novembre 1900 — octobre 1901.

Publications de la Société des Ingénieurs du Hainaut, 3^e série tome X, 1^{er} et 2^e fascicules.

Revue de mécanique, octobre 1900 — octobre 1901.

Revue universelle des Mines, octobre 1900 — septembre 1901.

Revue de Législation et Statistique des Houillères, septembre 1900 — août 1901.

Revue technique, 21^e année, n^{os} 20, 22^e année, n^o 18.

Bulletin of the Institution of the University of Upsala.

Colliery Guardian, n^{os} 2083 à 2132.

Department of Mines and Agriculture (Sydney) et Geological Survey of New South Wales. Mineral resources, by Pittmann. Records of the geological Survey, vol. VII, part. I. Memoirs, Geology n^o 2.

Engineering and Mining Journal, vol. LXXI, LXXII, n^{os} 1 à 17.

Journal of the Iron and Steel Institute, 1900, n^o 2 et 1901, n^o 1.

Journal of the Royal Society of New South Wales.

Maryland geological Survey. Eocène, Allegany County.

Memoirs of the Manchester literary Society, vol. XLV, parts I-IV.

New-York Academy of Sciences, Memoirs, vol. II, parts II, III, Annals vol. XII, parts 2, 3, vol. XIII, 1-3.

Proceedings of the South Wales Institute of Engineers, volume XXII, n^o 2-5.

Proceedings and Transactions of the Nova Scotian Institute of Science, vol. X, part. 2.

Proceedings of the Institution of Civil Engineers, vol. 1900-1901 parts 1-4.

Transactions of the American Institute of Mining Engineers
vol. XXX.

Transactions of the North of England Institute of Mining Engineers,
vol. XLIX, 2-8.

United-States geological Survey. Annual Report 1898-99, parts 2,
3, 4, 5, 7.

Annalen des K. K. Museums (Vienne).

Berg-und Hüttenmännisches Jahrbuch (Leoben), volume XLIX,
cahiers 1-3.

Jahrbuch für Berg-und Hüttenwesen in Königreiche Sachsen 1900.

K. K. geologische Reichsanstalt, Jahrbuch 1900 2-3 Heft, Verhand-
lungen, n° 1-10 1901. — Die fauna der Trogkofelschichten in
den Karnischen Alpen und den Karawanden.

Oesterreichische Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen, 49^e année,
n° 1 à 43.

Stahl und Eisen, 1^{er} décembre 1900 — 1^{er} novembre 1901.

Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 53 Band,
Heft I, II.

Zeitschrift des Vereines der deutscher Ingenieure, Band 35, n°
18-45.

Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen in preussischen Staate
Band 49, Heft 1-3, 1. Statistische Lieferung.

Zeitschrift für praktische Geologie, 1901 Hefte 1-10.

Revista minera, novembre 1900, novembre 1901.

Journal des mines de Russie, 8, 1900 ; 6, 1901.

Giornale del Genio civile et Revista del Servizio Minerario, août
1900 — novembre 1901.

Jern Contorets Annaler, cahiers 1 à 5, — Bihang, cahiers 1-10.

Bergens museums Aarbog, 1900, 2^e cahier. Aarberetning for 1900.

Boletin de Minas (Lima).

2° Dons faits à la Société.

Ministère du commerce : Résultats statistiques du recensement des
industries et professions, 1900. — Répartitions des forces
motrices à vapeur et hydrauliques en 1899. — L'enseignement
technique en France, tomes 3 et 4.

Office du travail : Les associations professionnelles et ouvrières. —
Législation ouvrière et sociale en Australie et Nlle Zélande, par
M. Albert Métin.

Mines and quarries (England) General report and statistics for 1900.
Reports of C. Le Neve Foster, H. M. Inspector of Mines.

Annual Mining report of the department of Mines and Agriculture of N. S. W. for 1899.

Bergwerks. Inspection in Osterreich. — Berichte der K. K. Bergbehörden für 1897.

Comunicações da direcção dos serviços geologicos de Portugal. Tom IV.

Anales de Construcciones civiles, Minas e industrias del Peru. Tomo I, segunda serie.

Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Bulletin annuel 24^e, 25^e, 26^e exercices.

Association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur. Exercice 1900.

Compte rendu des travaux des Conseils d'hygiène du département de la Loire en 1899 et 1900.

Congrès géologique international. Compte rendu (2 vol.).

Congrès de physique (1900), 3 vol.

Congrès de la Participation aux bénéfices. Comptes rendus des séances.

Congrès international de mécanique appliquée. Séances du Congrès (2 vol.).

Rapport de M. Mirman sur la proposition modifiant la loi des accidents du travail.

Projet de loi sur les retraites ouvrières, par M. Guieysse.

Rapport sur l'industrie de la province de Liège, par M. Ad. Firket

L'industria siderurgica in Svezia par M. l'Ing. C. F. Bonini.

Die Erzgänge des Freiburger Bergrevieres, von Hermann Müller.

Les grands moteurs et l'utilisation des gaz de hauts-fourneaux, par M. Jules Deschamps.

Vade-mecum financier de l'assureur et de l'assuré contre les accidents du travail, par M. G. Deport.

Cours de lever des plans superficiels et souterrains, par M. P. Mariz.

Du contrat de travail dans les mines anglo-saxonnes, par M. Maurice Bellom.

La houille britannique. — Conférence faite par M. Ed. Lozé.

Recherches minières, Guide pratique par M. Félix Colomer.

L'exploitation des mines par l'Etat, par M. Paul Weiss.

Etude complète du bassin ferrifère de Brieg, par M. Francis Laur.

Historique des mines de houille du département de la Loire, par M. E. Leseure.

Régime des embranchements particuliers, par M. Jean de la Ruelle.

Coltivazione delle Miniere par l'ing. Sollmann Bertolio.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

AU 1^{er} NOVEMBRE 1901

Les initiales S. V. désignent les sociétaires à vie.

- Adenot**, ingénieur aux Aciéries d'Imphy, à Imphy (Nièvre).
- Administration** des mines et usines de Faymoreau (Vendée).
- Aerts** (L.), négociant en métaux, fers, fontes et ferronneries, 137, rue Saint-Dizier, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Aguillon** (LOUIS) O ✱, inspecteur général des mines, 71, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris.
- Alayrac** ✱, ingénieur civil des mines, 21, rue d'Amiens, à Arras (Pas-de-Calais).
- Albran** (PAUL), directeur des mines du Laurium, 22, rue de Constantinople, Paris.
- Alexis** (AMBOISE), ingénieur civil, 331, rue Paradis, Marseille.
- Allemand** (GEORGES), ingénieur, directeur des mines de la Croix-aux-Mines de Laveline devant Saint-Dié (Vosges).
- Allimand** (F.), ingénieur civil, 6, quai Fleurdelix, à Rive-de-Gier (Loire).
- Amiot** ✱, ingénieur en chef des mines, attaché à la direction de l'Exploitation des Chemins de fer P.-L.-M., 4, rue Weber, près la porte Maillot, Paris.
- Andersen** (CARL), ingénieur civil, Mammoth, Arizona (Etats-Unis).
- Angelvy**, ingénieur principal des mines de la Tafna, département d'Oran (Algérie).
- Anglès Dauriac**, ingénieur des mines, à Moulins (Allier).
- Antoine**, industriel, 42, rue Princesse, à Lille (Nord).
- Arandarenko** (WLADIMIR), directeur des mines de M. Kolatchevsky, à Vessely-Ferny, gouvernement d'Ekatérinoslaw (Russie Méridionale).
- Arbel** (PIERRE) O ✱, maître de forges, à Rive-de-Gier (Loire).
- Ardizzone** (CH.), ingénieur, chef de service des mines et Aciéries de Longwy, à Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).
- Arestan**, ingénieur, directeur des mines de Bois-d'Asson, par Volx (Basses-Alpes).
- Armand** (ULBERT), propriétaire des mines de Valdonne, 11, rue Lafond, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

- Arnaud (VITAL)**, ingénieur, directeur des Houillères de la Compagnie des mines de Rive-de-Gier, à Grand'Croix (Loire).
- Assénat (EMILE)**, chef des travaux à Olendon, par Jort (Calvados).
- Astier**, ingénieur aux mines de Gagnières (Gard).
- Aubert**, ingénieur au Corps des Mines, à Amiens (Somme).
- Audemar (HENRI)**, ingénieur-constructeur, à Fouchérans. près Dôle (Jura).
- Audojer (LOUIS)**, géomètre aux mines de Gagnières (Gard).
- Aulagnier**, ingénieur civil, 25, rue Claude-Delaroa, Saint-Etienne.
- Autissier (ALEXANDRE)**, ingénieur-directeur-gérant des ardoisières de Rochefort-en-Terre (Morbihan).
- Auvergne**, ingénieur, chef de Bureau de l'ingénieur en chef des mines, à Alger, 4, rue Warnier, Mustapha (Algérie).
- Auzépy (PAUL)**, ingénieur civil des mines, 39, faubourg Saint-Jaumes, Montpellier (Hérault).
- Babu**, ingénieur au Corps des Mines, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines, 3, rue Saint-Louis-en-l'Île, Paris.
- Badin (ADRIEN)**, ingénieur en chef de la Compagnie des Produits chimiques d'Alais et de la Camargue, à Salindres (Gard).
- Badiou**, entrepreneur de travaux publics, 1, rue Cugnot, Saint-Etienne.
- Baer (MAURICE)**, ingénieur, 13, rue Lafayette, Paris.
- Bague**, ingénieur civil des mines, 31, rue de l'Hôtel-de-Ville, Lyon.
- Bailloud (CLAUDE)**, ingénieur, 14, rue de Saint-Petersbourg, Paris.
- Baille (MARTIN)**, ingénieur aux mines de la Grand'Combe (Gard).
- Bally**, ingénieur divisionnaire aux mines de Marles, à Auchel (Pas-de-Calais).
- Baissac (AUGUSTE)**, ingénieur aux mines de Gouhenans (Haute-Saône).
- Balas (A.)**, ingénieur civil, rue Varvarins Kaja, 19, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Balazuc**, ingénieur à la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer, Saint-Chamond (Loire).
- Balleydier**, ingénieur principal des Hauts-Fourneaux de Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle).
- Balzola (VALERIANO)**, Compania Basconia, à Bilbao (Espagne).
- Banquart**, ingénieur civil des mines, aux mines de Lens, à Liévin (Pas-de-Calais).
- Bar**, ingénieur en chef des mines de Courrières, à Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Barachon (J.-B.)**, ingénieur-directeur des hauts-fourneaux de Neuves-Maisons, à Pont-Saint-Vincent (Meurthe-et-Moselle).
- Baraige (A.-C.)**, ingénieur-directeur de la Compagnie des Mines d'Aïn-Barbar, par Herbillon (Algérie).
- Barbier (B.)**, ingénieur, directeur des mines de Routchenko, à Routchenkovo, gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie).

- Barbier** (E.-J.), industriel, 19, rue Louis-le-Grand, Paris.
- Bardier** (MAURICE), ingénieur civil des mines, rue de la Gare, Auxerre (Yonne).
- Bardon** (GUSTAVE), ingénieur conseil de la Compagnie des mines, fonderies et forges d'Alais, rue Espérandieu, 19, Marseille.
- Barlet** (H.), ingénieur honoraire des mines, à Montégnée, près Liège (Belgique).
- Baron**, ingénieur aux Mines de Bruay (Pas-de-Calais).
- Barralon** (A.), ingénieur aux houillères de Montrambert et de la Béraudière, près Saint-Etienne.
- Barrault**, ingénieur aux mines de la Grand'Combe, à Saint-Jean-de-Valérisclé (Gard).
- Barrillon** (LÉON), ingénieur-directeur des mines d'Aniche, à Aniche (Nord.)
- Barry** (SIMÉON), ingénieur, directeur divisionnaire aux mines d'Anzin, à Denain (Nord).
- Barthélemy**, ingénieur, directeur divisionnaire aux mines d'Anzin, à Saint-Waast-le-Haut (Nord).
- Batault** (LÉON), directeur général de la Société de la Grande Tuilerie de Bourgogne, à Montchanin (Saône-et-Loire).
- Batut** (F.), ingénieur, agent commercial de la Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy, 9, rue Francis-Garnier, à Saint-Etienne (Loire).
- Baudot** (FRANÇOIS), ingénieur, ancien directeur des mines de Saint-Gervais, 2, rue de l'Oratoire, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Baudot** (PHILIBERT), ingénieur divisionnaire à la Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Roche-la-Molière, division de la Malafolie, au Chambon-Feugerolles (Loire).
- Baudrand**, ingénieur divisionnaire aux mines de la Grand'Combe (Gard).
- Baumann** (ALBERT), ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de l'usine de plomb argentifère de l'Escalette, Madrague-de-Montredon, banlieue de Marseille.
- Baure** ✱, ingénieur, château de Pramenoux, par Lamure-sur-Azergues (Rhône).
- Bayle** (C.) ✱, directeur du service commercial de la Compagnie des forges de Châtillon-Commentry, à Montluçon (Allier).
- Bayle** (LOUIS), ingénieur divisionnaire à la Compagnie des Mines de Béthune, à Vermelles (Pas-de-Calais).
- Bayle** (PAUL), ingénieur-directeur des mines et usines de la Société Lyonnaise, à Autun (Saône-et-Loire).
- Beau**, ingénieur aux mines de la Grand'Combe, à La Levade (Gard).
- Beau** (PAUL), ingénieur en chef de la Société d'Iéraclée, à Constantinople (Turquie).
- Beauverlie** (E.), ingénieur de la Société métallurgique et minière de l'Indo-Chine, à Hanoï (Tonkin).
- Beaudrey**, ingénieur aux houillères de Saint-Eloy (Puy-de-Dôme).
- Bedel** (CAMILLE), maître de forges, à La Béraudière, Saint-Etienne.

- Beer** (Maison), ateliers de constructions mécaniques, à Jemeppe-lez-Liège (Belgique).
- Béguin** (GEORGES), ingénieur civil des mines, 12, place Carnot, Lyon.
- Bel** (J.-MARÇ), ingénieur civil des mines, ancien élève de l'Ecole polytechnique, 4, place Denfert-Rochereau, Paris.
- Bélanger** (CHARLES), ancien directeur des mines d'anthracite de Saint-Symphorien-de-Lay, à Lay (Loire).
- Bellefille**, ingénieur aux Mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines.
- Benoît** (FLEURY), ingénieur à Bourbouillon, près Rive-de-Gier (Loire).
- Benoist** (PAUL), ingénieur civil des mines, Apartado, 34, à Bilbao (Espagne).
- Bergaud**, ingénieur civil des mines, directeur de l'Administration française des fours à coke de la Société Solvay et C^e, 3, rue de la Station, à Douai (Nord).
- Bergerat** (ARMAND), ingénieur des Arts et Manufactures, ingénieur aux mines de Lens, à Lens (Pas-de-Calais).
- Bergeron** *, ancien président de la Société géologique de France, professeur à l'Ecole centrale, 157, boulevard Haussmann, Paris.
- Bernard** (F), ingénieur civil des mines, 14, rue de la Préfecture, Saint-Etienne (Loire).
- Berne**, ingénieur de la C^e des Produits chimiques d'Alais et de La Camargue à Salindres (Gard).
- Bertharion** (ANTOINE), contrôleur des mines, à Alais (Gard).
- Berthier** (J.), ingénieur principal de la Compagnie Royale asturienne des mines, 2, rue d'Angleterre à Tunis (Tunisie).
- Bessard**, ingénieur civil des mines, 5, rue Suffren, à Marseille.
- Besset**, administrateur de la Société des Forges et Aciéries de Hütta-Bankowa et de la Société des forges du Donetz, 27, rue de la Bastille, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Bessy** (G.), ingénieur à Vernet-les-Bains (Pyrénées-Orientales).
- Bessy** (JULES), ingénieur des ateliers des mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Bethenod**, administrateur de la Société des Houillères de Saint-Etienne, à Montbressieu, près Rive-de-Gier (Loire).
- Beudin** (G.), ingénieur civil, 8, rue Blanche, Paris.
- Beuret**, contrôleur des mines, à Arras (Pas-de-Calais).
- Beutter** (FRÉDÉRIC), ingénieur aux Forges et Aciéries de Saint-Etienne, à Saint-Etienne.
- Biehler** (LOUIS), ingénieur chez M. Drevet, à Saint-Paul-en-Jarez (Loire).
- Biétrie** (V.) *, gérant de la Société V. Biétrie et C^e, à la Chaléassière, Saint-Etienne.
- Biguet** (CHARLES), ingénieur aux mines de Brassac, Compagnie de Commentry-Fourchambault, à Brassac-les-Mines (Haute-Loire).
- Bihet**, ingénieur-directeur des ateliers de constructions de la Société des Produits, à Flénu (Belgique).
- Billy** (de), ingénieur au Corps des Mines, 73, rue de Courcelles, Paris.

- Binachon (J.)** ✱, ingénieur-directeur de l'usine de Pont-Salomon (Haute-Loire).
- Biver (CHARLES)**, directeur des mines de Carmaux, à Carmaux (Tarn).
- Blache**, ingénieur de la Société des Houillères de Montrambert.
- Blanc (FRANÇOIS)**, ingénieur civil des mines, au Chambon-Feugerolles (Loire).
- Blanc (HENRI)**, ingénieur de la Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, à Ludres (Meurthe-et-Moselle).
- Blanc (E.)**, ingénieur en chef des exploitations de minerais de fer de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry et Neuves-Maisons, à Neuves-Maisons, par Pont-Saint-Vincent (Meurthe-et-Moselle).
- Blankevoort (C.)**, ingénieur en chef des Mines des Pays-Bas, commissaire royal des Mines domaniales, à Heerlen (Limbourg-Hollandais).
- Bloch (L.)** ✱, ingénieur civil, à Mostaganem (Algérie).
- Bodard (JOSEPH)**, constructeur-mécanicien (Spécialité de matériel de mines), à Commentry (Allier).
- Böcking (RODOLPHE)**, propriétaire de la fonderie de Brebach, près Sarrebrück (Prusse Rhénane).
- Boisgrollier (de) (JOSEPH)**, ingénieur aux fonderies de Mazières, près Bourges (Cher).
- Boisseau**, agent commercial des mines de l'Escarpelle (Nord).
- Boisset-Glassac (de) (ALFRED)**, ingénieur civil des mines, à Morsang, par Savigny-sur-Orge (Seine-et-Oise).
- Boissières (ALBERT)**, ingénieur de la Compagnie parisienne du gaz, 124, boulevard Magenta, à Paris.
- Boissieu (de) (JULES)**, ingénieur, 40, avenue de Noailles, Lyon (Rhône).
- Bollaert (FÉLIX)**, inspecteur commercial de la Compagnie des mines de Lens, à Lens (Pas-de-Calais).
- Boulver (J.)**, ingénieur belge, à Laar, près Ruhrort (Prusse Rhénane).
- Bonjour (P.)**, ingénieur, sous-directeur de la Maison de charbons Limousin et Descours, cours du Midi, Lyon.
- Bonnel (HENRI)**, ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de la manufacture de glaces de la Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, à Montluçon (Allier).
- Bonnes (F.)**, contrôleur des mines, à Alais (Gard).
- Bonnet (FRANÇOIS)**, ingénieur, directeur des usines de la Compagnie générale des asphaltes de France, à Pyrimont-Seyssel (Ain).
- Bonnet (GAËTAN)**, ingénieur manufacturier, 74, rue des Boulets, Paris.
- Bonnevay**, ingénieur aux mines de La Grand'Combe (Gard).
- Bonneville (de) (RÉGIS)**, ingénieur civil des mines, 9, rue de la Visitation, Saint-Etienne (Loire).
- Bonnote**, ingénieur à Farges, par Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Bornet**, ingénieur des Arts et Manufactures, rue Saint-Ferdinand, 10, Paris.
- Borrel (GASTON)**, chef géomètre.

- Botton** (J.), ingénieur, administrateur directeur de la Société des ciments Portland artificiels du Charolais, à Palinges (Saône-et-Loire).
- Bouchacourt** (HIPPOLYTE), ingénieur à Vertrieu, par La Balme (Isère).
- Bouché**, ingénieur à la Société anonyme des Chevalières de Dour, près Mons (Belgique).
- Bouchez**, ingénieur aux mines de Béthune, à Cambrin (Pas-de-Calais).
- Bouchut** (LÉON), ingénieur aux mines de Montrambert (Loire).
- Boudinhon**, ingénieur à Saint-Chamond (Loire).
- Boudouresque**, ingénieur aux mines métalliques de Villefranche (Aveyron).
- Bouquerot** (GASTON), ingénieur, 15, rue Albanie Saint-Gilles, Bruxelles (Belgique).
- Bouriez** (JULES), chef du service commercial des mines de Ligny-les-Aire, 84, rue des Ailes, à Bruxelles (Belgique).
- S. V. **Bouroz** (AUGUSTE), ingénieur directeur de la mine d'Ekatérinowka, station de Krinitchnaia, chemin de fer de Catherine (Russie Méridionale).
- Bousquet** (GEORGES), ingénieur des Arts et Manufactures, inspecteur des mines de la République Sud-Africaine, délégué de la Chambre des mines de la République Sud-Africaine à l'Exposition de 1900, 59, avenue de la Grande-Armée, Paris.
- Bouteille** (PAUL), ingénieur principal de la Compagnie des mines de La Péronnière (Loire).
- Boutonnet** (HENRI-GILBERT), sous-ingénieur de la Houillère de Montvicq, à Montvicq (Allier).
- Boutonnet** (HENRI-JEAN), ingénieur à la fonderie d'antimoine Berthier et C^e, Pasaje de la Ténéria, Pueblo nuevo, à Barcelone (Espagne).
- Boutonnet** (J.-M.), chef du service du chemin de fer des Houillères de Commeny (Allier).
- Bouvier** (HENRI), ingénieur-directeur des mines d'anthracite de La Mure, à La Motte d'Aveillans (Isère).
- Bouvier**, ingénieur aux mines de Decize, à La Machine (Nièvre).
- Bovlo** (JEAN), ingénieur, 15, rue de Lille, Douai (Nord).
- Boyer** (GUSTAVE), ingénieur divisionnaire aux Mines de Rochebelle, à Alais (Gard).
- Boyer**, ingénieur aux Aciéries de France à Isbergues (Pas-de-Calais).
- Braly** (ADRIEN), ingénieur civil des mines, 30, rue George-Sand, Paris.
- Brard**, ingénieur civil, maire de Verneuil-sur-Arve (Eure).
- Braure** (GUSTAVE), ingénieur aux mines de l'Escarpelle, à Laforest (Pas-de-Calais).
- Brérault** (A.), ingénieur civil, 36, rue de la République, Saint-Etienne.
- Bresson** (GEORGES), ingénieur civil des mines, 3, rue de Stockholm, Paris.
- Bresson** (LOUIS), ingénieur en chef des travaux du jour à la Société des mines de Vicoigne et Nœux, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).

- Breton**, ingénieur à la Compagnie des mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Breton** (LUDOVIC), ingénieur-directeur de la Compagnie du chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre, 18, rue Royale, à Calais (Pas-de-Calais).
- Breuer** (LOUIS), directeur de la Société par actions Kalker Werkzeugmaschinenfabrick Breuer Schumacher et C^e, à Kalk, près Cologne (Allemagne).
- Brice**, ingénieur civil des mines, à Lafrancheville (Ardennes).
- Brice** (ANDRÉ), ingénieur à la C^e des mines de Vicoigne et Nœux (Pas-de-Calais).
- Brichaux** (LOUIS), directeur de la Maison Pyman Watson et Compagnie, propriétaires des mines « Oriental Merthyr », à Cardiff, 13, boulevard Péreire, Paris.
- Bronne**, ingénieur, constructeur-mécanicien, rue Darchis, 40, à Liège (Belgique).
- Brosse**, ingénieur principal des mines d'Epinac (Saône-et-Loire).
- Broussier**, ingénieur à la Compagnie des mines d'Aniche, à Guesnain (Nord).
- Broyet** (Maison), constructeurs à Bérard, Saint-Etienne.
- Brüll** (ACHILLE), ancien président de la Société des ingénieurs civils, 117, boulevard Malesherbes, Paris.
- Brun** (PROSPER), ingénieur divisionnaire de la Compagnie houillère de Bessèges, à Molières-sur-Cèze (Gard).
- Brustlein** (A.) O. ✱, ingénieur-directeur des usines Jacob Holtzer et C^e, à Unieux (Loire).
- Buchet**, agent général des mines d'Ostricourt (Nord).
- Buisson** (CHRISTOPHE), ingénieur-directeur des houillères de Commentry (Allier).
- Buisson** (CLAUDE), ingénieur civil des mines, 3, cours Fauriel, Saint-Etienne.
- Bureau** (JOSEPH), ingénieur aux mines d'Albi (Tarn).
- Burthe** (PH.), ingénieur civil des mines, 9, rue Montaigne, Paris.
- Busquet** ✱, ingénieur-directeur des mines de Decize (Schneider et C^e), à La Machine (Nièvre).
- Cabassut** (EMILE), ingénieur aux mines d'Aniche, à Waziers, près Douai (Nord).
- Cabon** (LOUIS), ingénieur aux Charbonnages des Bouches-du-Rhône, à Gréasque (Bouches-du-Rhône).
- Cacarrié**, docteur en médecine, 17, rue de la Sous-Préfecture, à Roanne (Loire).
- Caillot**, ingénieur des ateliers, à Decazeville (Aveyron).
- Cambessédès**, ingénieur civil des mines, 63, avenue de la Grande-Armée, Paris.
- Cambray**, ingénieur principal de la Société Lyonnaise des Schistes bitumineux, à Autun (Saône-et-Loire).
- Camus**, ingénieur des travaux extérieurs de la Compagnie des mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron).

- Carle** (C.), ingénieur civil des mines, à Aubagne (Bouches-du-Rhône).
- Carnat**, ingénieur civil des mines, à Dompierre (Allier).
- Carnot** (A.) O. ✱, inspecteur général des mines, directeur de l'Ecole Supérieure des Mines, 60, boulevard Saint-Michel, à Paris.
- Carrière** (HONORÉ), à Wizernes (Pas-de-Calais).
- Carteron**, ingénieur, à Saint-Symphorien-sur-Coise (Rhône).
- Cartoux**, ingénieur aux Forges de Mazières, près Bourges (Cher).
- Castanlé** (ERNEST) ✱, directeur des mines de fer de Soumah et la Tafna, 6, rue d'Orléans, à Oran (Algérie).
- Castanler** (GASTON), ingénieur à Genolhac (Gard).
- Castanier** (GUSTAVE), ingénieur-adjoint aux hauts-fourneaux de Saint-Louis, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Castel** O ✱, inspecteur général des mines, 72, cours de Vincennes, Paris.
- Castellan**, ingénieur civil des mines, 52, quai de Billy, Paris.
- Catelin (de)** (JULES), ingénieur conseil, 61, rue de Chaillot, à Paris.
- Catrice** (HENRI), industriel à Arras (Pas-de-Calais).
- Cazaban**, ingénieur aux mines de Ligny-les-Aire, par Estrée-Blanche (Pas-de-Calais).
- Cerner (de)**, sous-directeur des mines de Mokta-el-Hadid, près Bône (Algérie).
- Cervello** (ANTONINO), ingegniera, via Torremuzza, 36, à Palerme (Sicile).
- Chabaud** (GASTON), ingénieur divisionnaire aux mines de Carmaux (Tarn).
- Chadefaux** ✱, ancien directeur des hauts-fourneaux de Denain, à Anzin (Nord).
- Chadefaux** (MARCEL) ✱, ingénieur-directeur des forges de Gueugnon (Saône-et-Loire).
- Chagot et C^{ie}**, administrateurs des mines de Blanzay, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Chaillot**, ingénieur de la Société Houillère de Flines-les-Raches, à Anhières, par Raches (Nord).
- Chaîne**, ingénieur civil, directeur de la Société Française du matériel agricole et industriel, à Vierzon (Cher).
- Chaîne**, ingénieur aux mines de Perrecy, à Perrecy-les-Forges (Saône-et-Loire).
- Challicarne**, ingénieur, chef de service des mines de Roche-la-Molière, par Firminy (Loire).
- Chalmeton** (F.) ✱, administrateur-directeur de la Compagnie houillère de Bessèges, 17, rue Jeanne-d'Arc, à Nîmes (Gard).
- Chambon**, ingénieur aux mines de Sain-Bel (Rhône).
- Chamboredon** (ERNEST), ingénieur aux mines de Tabarka (Tunisie).
- Chambre de Commerce** de Saint-Etienne.
- Chambure (de)**, ingénieur civil des mines, ingénieur aux mines de Lens, à Loos en Gohelle, par Lens (Pas-de-Calais).

Champettier, ingénieur des Mines de Las Cabesses, au Lauch, par Saint-Girons (Ariège).

Champigny, ingénieur civil des mines, 11, rue de Berne, à Paris.

Champy, ingénieur au Corps des Mines à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).

Chamussy (LÉON), ingénieur-directeur-gérant de la Société des mines de manganèse de Saône-et-Loire, Rhône et Allier, à Romanèche (Saône-et-Loire).

Chanaïal, ingénieur à la Compagnie électrique de la Loire, 14, rue du Treuil, Saint-Etienne.

Chansselle, ingénieur, 48, rue de la Préfecture, Saint-Etienne.

Chantiers de la Loire, à Lyon.

Chapoteau, à Sermoise, près Nevers (Nièvre).

Chapoton (J.), ingénieur aux mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron).

Chapuy, ingénieur au Corps des Mines, directeur général de la Compagnie royale des chemins de fer Portugais, à Lisbonne (Portugal).

Charentenay (de) (LÉON), ingénieur aux mines de La Mure, à La Motte-d'Aveillans (Isère).

Charles-Messance, ingénieur civil des mines, 22, rue d'Avéjan, à Alais (Gard).

Charlon (E.), ingénieur civil, 25, rue Pierre-Dupré, Marseille.

Charoussat, directeur des mines de la Péronnière, à Grand-Croix (Loire).

Charpentier (HENRI), ingénieur civil des mines, 12, boulevard Montebello, Lille (Nord), et 34, rue des Apennins, Paris.

Charpy, ingénieur de la Société de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons, à Montluçon (Allier).

S. V. **Charra** (JULES), ingénieur, à Condrieux (Rhône).

Charreton, ingénieur principal aux mines de Villebœuf, Saint-Etienne.

Charrier (JULES), ingénieur au Marcet, par Paulhaguet (Haute-Loire).

Charvet, ingénieur à la Compagnie Houillère de Rochebelle, usine de Tamaris (Gard).

Charvet (HENRI), ingénieur civil, 5, place Marengo, Saint-Etienne.

Chastel, ingénieur principal des mines de Belmez, à Penarroya, province de Cordoue (Espagne).

Chastelain (A.), ingénieur de la Société de fonçages Kind et Chaudron, à Figeac (Lot).

Chaudron, ingénieur en chef honoraire des mines de Belgique, à Anderghem, près Bruxelles (Belgique).

Chaumier (J.-B.), contrôleur des mines, 6, boulevard Arago, à Paris.

Chauvet (CHARLES-ARSÈNE), ingénieur civil, licencié en droit, 59, boulevard Victor-Hugo, à Béthune (Pas-de-Calais).

Chavanis (L.), ingénieur civil des mines, 52, rue de la Bourse, Lyon.

- Chavanne** (IRÉNÉE, constructeur-mécanicien, rue Jeanne d'Arc, à Saint-Chamond (Loire).
- Chenet** (HYACINTHE), ingénieur directeur des houillères et verreries de Mégecoste par Sainte-Florine (Haute-Loire).
- Chesneau** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, professeur à l'École nationale des Mines, 18, rue des Pyramides, Paris.
- Chevalier**, libraire, 2, rue du Général-Foy, Saint-Etienne (Loire).
- Chevalier** (EMILE), ingénieur-constructeur du matériel des chemins de fer, 65, quai de Grenelle, Paris.
- Chevallier** (L.), ingénieur civil des mines, directeur des mines des Bormettes, à La Londe (Var).
- Chiffert** (EMILE), ingénieur à la Compagnie des mines d'Aniche (Nord).
- Chion**, ingénieur civil des mines, 18, chemin de la Scaronne, Lyon.
- Cholat** ✱, administrateur délégué des fonderies, forges et aciéries de Saint-Etienne, 18, rue des Jardins, à Saint-Etienne.
- Chemienne** (PAUL), ingénieur civil, chez M. Michallet, fabricant de produits réfractaires, à Lorette (Loire).
- Chesson** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, 8, rue Margueritte, Paris.
- Clair**, constructeur-mécanicien, rue de Lyon, Saint-Etienne.
- Clamens** (J.-B.), ingénieur, 1, avenue de Versailles, Paris.
- Claudinon et Cie**, maîtres de forges au Chambon-Feugerolles (Loire).
- Clavelly** (V.), ingénieur en chef des houillères d'Aubin, à Aubin (Aveyron).
- Clere** (FRANÇOIS), ingénieur civil, 38, rue du Bac, Paris.
- Clermont**, ingénieur civil des mines, maître de verreries, 3, rue de la Bourse, Saint-Etienne (Loire).
- Cluzel** (JAMES), ingénieur, 17, rue Cité-Foulc, à Nîmes (Gard).
- Cohade**, ingénieur aux usines du Creusot (Saône-et-Loire).
- Coignet** (F.), ingénieur civil, 40, rue Michelet, Saint-Etienne.
- Coince** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, 31, place Saint-Ferdinand, les Termes, Paris.
- Coling**, ingénieur aux mines de Montrambert, à La Béraudière, Saint-Etienne.
- Collignon** (FÉLIX), directeur de l'usine à zinc d'Auby, pour la Compagnie royale asturienne des mines, à Auby (Nord).
- Combalot**, ingénieur aux mines de Decazeville (Aveyron).
- Combe**, ingénieur représentant la Compagnie des quatre mines réunies de Graissessac, avenue de la Gare, à Perpignan (Pyrénées-Orientales).
- Combeau** (E.), inspecteur de la Compagnie P.-L.-M. (division des combustibles), à Monthieu, près Saint-Etienne.
- Comité** des Houillères de la Loire, à Saint-Etienne.
- Compagnie** de Fives-Lille, 64, rue Caumartin, Paris.

Compagnie des fonderies et forges de l'Horme (Loire).

Compagnie des mines de Vicoigne et Nœux, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).

Compagnie des mines de Carmaux (Tarn).

Compagnie des mines de Dourges, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).

Compagnie des Mines du Boléo, 56, rue de Provence, à Paris.

Compagnie française des mines du Laurium, 27, rue Laffite, Paris.

Compagnie houillère de Ferfay, à Auchel (Pas-de-Calais).

Conte (J.), ingénieur aux mines de Bruay (Pas-de-Calais).

Coppée (EVEENCE), ingénieur-constructeur, boulevard d'Anderlecht, à Bruxelles (Belgique).

Corbières, ingénieur, l'un des administrateurs délégués des Plâtrières de Savoie, à Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie).

Cordier (EDMOND), ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de l'usine des produits chimiques de la Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, à Saint-Fons (Rhône).

Cordier, contrôleur de fabrication du matériel de la Compagnie P.-L.-M., à Alais (Gard).

Corin (FRANÇOIS), directeur de l'usine à zinc : Société G. Dumont et frères, à Sclaigneaux, par Namur (Belgique).

Cornesse (F.) ✱, ingénieur, 7, rue Margueritte, Paris (17^e).

Cornuault (EMILE) ✱, administrateur de la Compagnie du gaz et des hauts-fourneaux de Marseille et des mines de Portes, administrateur des mines de Dourges, 6, rue Le Peletier, à Paris.

Cossange, professeur à l'Ecole des Maîtres-Mineurs d'Alais (Gard).

Coste, ingénieur au Corps des mines, directeur des mines de Blanzey, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).

Coste (LOUIS), ingénieur, à Anéran-Camors, par Bordères-Louron (Hautes-Pyrénées).

Cosset-Dubrulle (EDOUARD) fils, ingénieur-constructeur, fabricant de lampes de sûreté, 45, rue Turgot, Cantelleu-Lille (Nord).

Couchoud (ANTONIN), ingénieur, maître de fonderies, à Vienne (Isère).

Conderec (HENRI), ingénieur des mines de Prades, Niègles et Sumène, à La Chastagnère, par Pont-de-Labeaume (Ardèche).

Confinhal (P.-G.), ingénieur-constructeur à La Chaléassière, à Saint-Etienne.

Coreau (L.), ingénieur chef de service aux Aciéries du Creusot (Saône-et-Loire).

V. **Couriot**, professeur du cours d'exploitation des mines, à l'Ecole Centrale, 3, rue de Logelbach, Paris.

Courtin (A.), ingénieur, chef du service des mines de la Société anonyme de Commentry-Fourchambault, 28, rue Barbet-de-Jouy, Paris.

Courtin, agent commercial de la Compagnie de Liévin, à Lens (Pas-de-Calais).

Courtin (HENRI), directeur de la Société générale des eaux de Barcelone, Paseo de Gracia, 52, à Barcelone (Espagne).

- Courtin** (P.), administrateur de la Compagnie des mines de Liévin, à Avian, près Lens (Pas-de-Calais).
- Courtois**, ingénieur de la Compagnie asturienne, à Auby-lez-Douai (Nord).
- Countrot** (HENRI), ingénieur civil des mines, 14, rue Brémontiers, Paris.
- Craponne** (LOUIS), ingénieur-directeur de la Compagnie de Ferfay-Couchy, à Auchel (Pas-de-Calais).
- Crédit Lyonnais** (service des études financières), 19, boulevard des Italiens, Paris.
- Cros** (JOSEPH), ingénieur de la Société de Hutta-Bankowa, à Dombrowa (Pologne Russe).
- Crozet** (EMILE), ingénieur-constructeur, au Chambon-Feugerolles (Loire).
- Cuchet** (LÉON), ingénieur divisionnaire à la Compagnie des mines de Vicoigne et Nœux, à Barlin (Pas-de-Calais).
- Cuchet** (V.), ingénieur à la Société des Charbonnages des Bouches-du-Rhône, à Gréasque (Bouches-du-Rhône).
- Cuinat** (PAUL), ingénieur des Arts et Manufactures, aux Aciéries d'Unieux (Loire).
- Cunin** (CHARLES), ingénieur civil des mines, 11, cours du Midi, Lyon.
- Carrières de Castelnau (de)** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, 15, avenue Bosquet, Paris.
- Cuvelette**, ingénieur au Corps des Mines, à Arras (Pas-de-Calais).
- Dalzon** (AIMÉ), ingénieur de la Compagnie des Aciéries de la marine et des chemins de fer, aux usines de Saint-Chamond (Loire).
- Damon**, ingénieur aux mines de Brassac (Puy-de-Dôme).
- Danis**, ingénieur aux Mines de la Loire, à Villars, Saint-Etienne.
- Dantin** (JEAN), fabricant de minium de fer et dérivés, à Privas (Ardèche).
- S. V. **Danton** (D.), ingénieur civil des mines, ancien juge de paix de Saumur, fondateur des mines de fer de l'Anjou, 6, rue du Général-Henrion-Berthier, Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Darcy** O ✱, président du Comité Central des Houillères de France, 55, rue de Châteaudun, Paris.
- Darodes** (GEORGES), ancien élève des Ecoles Polytechnique et des Mines, directeur de la Compagnie des mines de la Grand'Combe, à la Levade (Gard).
- Darphin** (PIERRE), ingénieur en chef des travaux du jour aux mines d'Anzin, à Anzin (Nord).
- Dauphin**, ingénieur aux aciéries de Pamiers (Ariège).
- Davaine**, constructeur à Saint-Amand-les-Eaux (Nord).
- David**, ingénieur à l'arsenal de Fou-Tchéou (Chine).
- Davy**, ingénieur, chef de service de la Société des aciéries, hauts-fourneaux et forges de Trignac, à Châteaubriant (Loire-Inférieure).
- Dayras** (EDMOND), ingénieur au service des mines de la Société de Commentry-Fourchambault, 82, rue de Monceau, à Paris.

- Debauche** (H.), ingénieur-directeur de la Société des ateliers de construction de Gorlovka, gouvernement d'Ekatérinoslaw (Russie méridionale).
- Debicki** (M.), ingénieur, fabricant de produits chimiques, à Hennebont (Morbihan).
- Decemoud** (EMILE), ingénieur au Bosc-sur-Ardoux, par Sarras (Ardèche).
- Decorps** (ALEXANDRE), secrétaire du directeur général de la Société de Commentry-Fourchambault, 16, place Vendôme, Paris.
- Decoux** (LOUIS), ingénieur aux mines d'Anzin, à Hérin (Nord).
- Defaix** (JOSEPH), ingénieur civil des mines, 32, rue du Colombier, à Voiron (Isère).
- S. V. **Déflassieux** (B.), ingénieur, maître de forges, rue du Plâtre, à Rivede-Gier (Loire).
- Degaugue** (ARTHUR), directeur-gérant de la Société Ardoisière de la Renaissance, à Fumay (Ardennes).
- Dégoutin**, ingénieur civil. 9, rue Soufflot, Paris.
- Déjardin** (LOUIS), ingénieur en chef au Corps des Mines de Belgique. 186, rue du Trône, Bruxelles.
- Delafond**, O ✱, inspecteur général des Mines, 108, boulevard Montparnasse, Paris.
- Delafosse** (LÉON), ingénieur divisionnaire aux mines de Tréllys, au Martinet (Gard).
- Delage** (ARMAND), ingénieur à la Compagnie des mines de Douchy, à Lourches (Nord).
- Délas** (JEAN), agent commercial des houillères de Champagnac, cours Sablon, 39, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Delay**, ingénieur, chef de service à l'usine du Boucau, près Bayonne (Basses-Pyrénées).
- Del Boca**.
- Delcroix** (F.), de la maison Delcroix frères et C^r, 5, rue de la Station, à Douai (Nord).
- Delcroix** (LÉON), négociant, place Saint-Jacques, à Douai (Nord).
- Dellineau** ✱ (D^r), Président de la Société Houillère du Nord d'Alais, 104, boulevard de Courcelles, Paris.
- Delorte**, ingénieur, chef du Service du fond à la Société Ottomane d'Héraclée, Constantinople (Poste française).
- Demenge** (EMILE), administrateur de la Compagnie française des métaux, 89, avenue de Villiers, Paris.
- Demeure**, maître de forges, à Aire-sur-la-Lys (Pas-de-Calais).
- Demonet** (CHARLES), administrateur délégué des mines de sel et salines de Saint-Laurent-d'Einvillie, 23, rue de la Commanderie, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Demont**, architecte à Commentry (Allier).
- Denegri** (MARCO-AURELIO), ingénieur aux mines de Collaracra (via Ticapampa), Huaraz (Pérou).
- Denogent**, ingénieur aux mines de Roche-la-Molière et Firminy (Loire).

- Denoyelle**, chef du service de l'exploitation de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, 19, rue de La Rochefoucault, à Paris.
- Desbans** (JOSEPH), ingénieur de la Société du Grand-Filon, à Romanèche (Saône-et-Loire).
- Desbief** (MAURICE), vice-président de la Société scientifique et industrielle, 61, rue Paradis, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Descous** (EUGÈNE), ingénieur à la Société des mines des Bormettes, à Largentière-la-Bassée (Hautes-Alpes).
- Desbays** (VICTOR), ingénieur, 79, rue Claude-Bernard, Paris.
- S. V. **Desbous** (ALFRED), ingénieur à Dombrowa, ligne de Varsovie-Vienne (Pologne Russe).
- Deshouillères**, ingénieur civil, 8, rue des Armuriers, à Bourges (Cher).
- Desjoyaux** (M.), ingénieur civil, 25, rue Gambetta, à Saint-Etienne.
- Desportes** (J.), ingénieur civil des mines, 28, avenue Bab-Djedid (Tunis).
- Desroziers** ✱, ingénieur-expert près le Conseil de Préfecture de la Seine, 10, avenue Frochot, Paris.
- Desailly**, ingénieur en chef des travaux de la Société houillère de Liévin (Pas-de-Calais).
- Dessemond** (AUGUSTE), ingénieur aux Houillères de Saint-Etienne.
- Destival** (CHARLES), ingénieur, directeur de la Société des Houillères et du Chemin de fer d'Epinac (Saône-et-Loire).
- Desvignes**, ingénieur-directeur de la mine du Cros, au Cros, près Saint-Etienne (Loire).
- Détanger** (ALEXANDRE), ingénieur aux forges de l'Adour, au Boucau (Basses-Pyrénées).
- Deullin** (NESTOR), ingénieur à Marcinelle-lez-Charleroi (Belgique).
- Deverne**, ingénieur de la Compagnie des mines de Douchy, à Louches (Nord).
- De Villaluc** ✱, directeur honoraire et administrateur de la Société anonyme des Houillères de Montrambert et la Béraudière, 2, rue Sala, Lyon.
- De Villaine** (ELIE), ingénieur, 6, rue du Plat, Lyon (Rhône).
- Devillard**, ingénieur divisionnaire aux mines de la Béraudière, près Saint-Etienne (Loire).
- Deville** (J.-B.), ingénieur-directeur des houillères de Bosmoreau, par Bourgneuf (Creuse).
- Deville** (VINCENT), ingénieur chez M. Guittet, 43, rue de Paradis, cité Paradis, Paris.
- Devun**, ingénieur principal des mines de Beaubrun (Compagnie des Mines de la Loire), à Saint-Etienne (Loire).
- Devun** (CLAUDIUS), ingénieur principal aux mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron).
- Deyrieux**, ingénieur civil, 47, rue de la Richelandière, Saint-Etienne.

- Dianous (de)**, ingénieur des Forges et Chantiers de la Méditerranée, 337, rue Paradis, Marseille.
- Didier (LÉON)**, ingénieur de la fosse n° 5 des mines de Bruay (Pas-de-Calais).
- Dignaron**, ingénieur civil, 5, cours Jovin-Bouchard, Saint-Etienne.
- Dineq (ACHILLE) ✱**, administrateur délégué de la Compagnie de Bruay, 20, square Saint-Pierre, à Douai (Nord).
- Dinoire (C.) ✱**, ingénieur, inspecteur des travaux des mines de Lens, à Lens (Pas-de-Calais).
- Dirand (GEORGES)**, ingénieur aux mines de Nœux, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Directeur** des houillères de Commentry, à Commentry (Allier).
- Directeur** de la Société minière et métallurgique de Penarroya, à Penarroya, province de Cordoue (Espagne).
- Directeur** des mines de Decize, à La Machine (Nièvre).
- Directeur** des mines du Laurium, à Ergasteria, Laurium (Grèce).
- Directeur** de la Compagnie des houillères de Saint-Chamond, à Saint-Chamond (Loire).
- Directeur** de la Société générale pour la fabrication de la dynamite, 12, place Vendôme, à Paris.
- Directeur** de la Société civile des mines de Ronchamp (Haute-Saône).
- Directeur** des Aciéries de Makeevka, Station de Khartzisk, chemin de fer d'Ekatérininskaïa (Russie Méridionale).
- Directeur** général de la Société des aciéries de Longwy, à Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).
- Directeur** de la Compagnie des Forges d'Audincourt et dépendances, à Audincourt (Doubs).
- Directeur** général de la Compagnie des mines d'Anzin (Nord).
- Directeur** gérant de la Société d'Industrie houillère de la Russie méridionale, à Gorlovka (Russie méridionale).
- Directeur** de la Société du gaz et des hauts-fourneaux de Marseille, 6, rue Le Pelletier, Paris.
- Direction** générale des mines et usines de Son Altesse Impériale l'archiduc Albert, au château de Teschen (Silésie Autrichienne).
- Direction** de la Société nouvelle des charbonnages des Bouches-du-Rhône, 4, place Sadi-Carnot, à Marseille.
- Direction** des houillères de Stiring, à Petite-Rosselle, près Forbach (Lorraine).
- Direction** des charbonnages de Marcinelle-Nord, à Marcinelle, près Charleroi (Belgique).
- Divary (E.)**, ingénieur, chef de fabrication des Aciéries du Creusot (Saône-et-Loire).
- Doise (SOSTHÈNE)**, ingénieur civil des mines, 3, villa Lambert à Chatou (Seine-et-Oise).
- Domage (H.)**, ingénieur-directeur de la Société nouvelle des charbonnages des Bouches-du-Rhône, 4, rue de la Turbine, Marseille.
- Dombre (LOUIS) ✱**, ingénieur-directeur de la Compagnie des mines de Douchy, à Louches (Nord).

- Domergue** (LOUIS), contrôleur des mines, à Alais (Gard).
- Domézon**, ingénieur aux mines de Courrières (Pas-de-Calais).
- Dorion** (JOSEPH), ingénieur civil, ancien répétiteur à l'Ecole Centrale, 39 bis, rue de Châteaudun, Paris.
- Dorzée** (FRANÇOIS), administrateur délégué de la Société anonyme des ateliers de construction de Boussu, à Boussu, près Mons (Belgique).
- Dougados** ✱, ingénieur en chef au Corps des mines, directeur de l'Ecole des maîtres ouvriers mineurs d'Alais (Gard).
- Douvreleur**, administrateur de la Société des Houillères de Saint-Etienne et des Acières de Firminy, à Veauche (Loire).
- Drillon**, directeur-gérant de la Société des eaux minérales de Saint-Galmier (Source Romaine), à Saint-Galmier (Loire).
- Druges**, ingénieur-directeur des usines de l'Horme, à l'Horme, près Saint-Chamond (Loire).
- Dubois** (J.), Russie.
- Dubois** (fils), ingénieur des Arts et Manufactures, à Anzin (Nord).
- Dubois**, ingénieur-directeur des mines de Marihay, à Flénalle-Grande, près Liège (Belgique).
- Dubois** (JULES), ingénieur-constructeur, à Anzin (Nord).
- Dubost** (F.), ingénieur à la Compagnie houillère de Bessèges (Gard).
- Dubost** (JULES), ingénieur civil des mines, 25, rue de la République, Saint-Etienne.
- Duc** (HECTOR), ingénieur-directeur des Houillères de Saint-Chamond (Loire).
- Duclos** (P.), ingénieur civil des mines, 33, rue de Fleurus, Paris.
- Duchêne** (JOSEPH), ingénieur à Marchienne-au-Pont, rue Ecluse (Belgique).
- Duchet** (ALEXANDRE), maître de verreries, à Montluçon (Allier).
- Dufour** (CHARLES), ingénieur civil des mines, administrateur délégué des usines du Pied-Selle, 9, avenue Marceau, Paris.
- Dufraigne**, ingénieur aux aciéries d'Isbergues (Pas-de-Calais).
- Duffeux** (A.), ingénieur aux mines d'Aniche, à Waziers, près Douai (Nord).
- Dujardin-Beaumetz** ✱, ingénieur civil, 85, rue de la Pompe, Paris.
- Dumas** (LOUIS), secrétaire général de la Société de Commentry-Fourchambault, 24, rue de Turin, Paris.
- Damolard**, ingénieur-propriétaire, à Bou-Falma, Kabylie (Algérie).
- Dumont** (ANDRÉ), professeur d'exploitation des mines à l'Université de Louvain, 18, rues des Joyeuses-Entrées, à Louvain (Belgique).
- Dumont** (EMILE), ingénieur, représentant pour la France de la Société « The Hardy Patent Pick C^e Limited » de Sheffield, à Saint-Saulve, près Valenciennes (Nord).
- Dumuis**, ingénieur de la Forge de Commentry, à Commentry (Allier).
- Duny** (GUSTAVE), directeur-gérant des mines de Saint-Paulet, à Pont-Saint-Esprit (Gard).

- Duplay** (FERDINAND), ancien élève de l'Ecole Polytechnique, chez MM. Déflassieux frères, maîtres de forges à Rive-de-Gier (Loire).
- Dupont de Dinechin**, ingénieur à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Dupuis** (EDMOND), ingénieur, 18, avenue Jules-Janin, Passy-Paris.
- Du Pay** (CHARLES), ingénieur civil des mines, 6, rue des Jardins, Saint-Etienne.
- Durand** (JOSEPH), ingénieur-conseil, à Derbières, par La Coucourde (Drôme).
- Durand** (O.), directeur des mines de Montchanin (Saône-et-Loire).
- Durand** (J.), ingénieur représentant de la Compagnie des mines d'Anzin, rue Gambetta, à Fourmies (Nord).
- Durand**, ingénieur civil, au Pont-d'Aubenas, par Aubenas (Ardèche).
- Durand**, ingénieur, chef du contentieux des Houillères de Montrambert et la Béraudière, 11, rue de la Préfecture, Saint-Etienne.
- Durant** (HENRI), ingénieur-inspecteur des charbonnages patronnés de la Société Générale pour favoriser l'industrie nationale, 3, Montagne-du-Parc, à Bruxelles (Belgique).
- Durant** (VICTOR), ingénieur divisionnaire aux mines de Marles, par Auchel (Pas-de-Calais).
- Durassier** (LÉON) ✱, préparateur à l'Ecole des mines, 5, place des Termes, Paris.
- Duthé** (PAUL), ingénieur en chef des aciéries d'Unieux, à Ria, par Prades (Pyrénées Orientales).
- Duvivier** (E.), directeur des mines de Landres, à Landres, par Audun-le-Roman (Meurthe-et-Moselle).
- Elby**, directeur du service commercial et administratif des mines de Bruay (Pas-de-Calais).
- Engelbach** (H.), directeur divisionnaire aux mines d'Anzin, Bellevue, Denain (Nord).
- Escallier**, ingénieur, chef de section au P.-L.-M., à Alais (Gard).
- Escalle** ✱, ingénieur en chef des Aciéries de Longwy (Meurthe-et-Moselle).
- Escalle** (JEAN), ingénieur-directeur technique des Aciéries de France, à Isbergues (Pas-de-Calais).
- Escaré** (ALFRED), ingénieur, sous-directeur de la Société française des Charbonnages du Tonkin, à Hongay (Tonkin).
- Espinasse**, directeur des Aciéries du Saut-du-Tarn, près Albi (Tarn).
- Euverte** ✱, ancien directeur des usines de Terrenoire, 6, rue de Seine, à Paris.
- Evrard** (ALFRED) ✱, ingénieur-conseil, ancien directeur général de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, rue de La Bruyère, 39, Paris.
- Evrard** (MAXIMILIEN) ✱, ingénieur à La Talaudière (Loire).
- Evrard** (PAUL), ingénieur civil, 39, rue La Bruyère, Paris.
- Eynac** (MARIUS), ingénieur aux mines d'Aniche, à Dechy, près Douai (Nord).

- Fabre**, directeur de l'usine à gaz de Montluçon (Allier).
- Faddeef** (ALEXANDRE), directeur des usines métallurgiques et des mines d'or de la Comtesse Stenbock-Fermor, à Werch-Issetzk, Ekaternibourg (Russie Oural).
- Faible**, ingénieur, directeur-gérant des mines de Crespin-Nord, à Quievrechain (Nord).
- Fauglière**, contrôleur principal des mines, à Montluçon (Allier).
- Farcot** (E.), ingénieur-constructeur, 189, rue Lafayette, Paris (10^e).
- Faure** (CLAUDIUS), ingénieur aux Houillères de Saint-Etienne.
- Faure** (JOSEPH), ingénieur concessionnaire des mines de zinc du Kan-guet-Kef-Tout et de Fedj-el-Adom (Tunisie), 94, avenue Henri-Martin, Paris.
- Favier**, ingénieur aux mines d'Anzin, à Abscon (Nord).
- Faye** (ANDRÉ), ingénieur aux raffineries Saint-Charles, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Fayon**, ingénieur aux mines de Saint-Michel de Sordières, à Saint-Michel-de-Maurienne (Savoie).
- Fayol** (H.) ✱, directeur général de la Société de Commentry-Fourchambault, 16, place Vendôme, à Paris.
- Fayol** (PAUL), ingénieur-directeur des mines de Brassac (Puy-de-Dôme).
- Feer** (PAUL), ingénieur civil, 211, boulevard Raspail, à Paris.
- Félix**, directeur des usines de fers creux, à Montluçon (Allier).
- Ferey**, ingénieur aux mines de Rochebelle, à Alais (Gard).
- Ferry** (EMILE), ingénieur aux usines de Bussy, près Joinville (Haute-Marne).
- Fèvre** (L.), ingénieur au Corps des Mines, 38, rue Baudimond, à Arras (Pas-de-Calais).
- Feyte**, contrôleur principal des mines, à Montpellier (Hérault).
- Fleuzet**, ingénieur des Arts et Manufactures, directeur des Ardoisières de la Bassère, à Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
- Firminhac** (EUGÈNE), ingénieur civil des mines, 19, boulevard Hausmann, Paris.
- Fond** (CAMILLE), ingénieur aux mines de Communay, par Saint-Symphorien-d'Ozon (Isère).
- Fontaine** (ARTHUR) O ✱, ingénieur en chef au Corps des mines, directeur de l'Office du Travail au Ministère du Commerce et de l'Industrie, 5, avenue de Villars, Paris.
- Fontaine**, ingénieur divisionnaire aux mines de Courrières, à Sallaumines (Pas-de-Calais).
- Fontaine** (PAUL), ingénieur divisionnaire des mines de Graissessac (Hérault).
- Fontaine** (LÉON), ingénieur aux mines de la Grand'Combe (Gard).
- Fontelles** (H.), ingénieur directeur des mines d'anthracite de Communay, par Saint-Symphorien-d'Ozon (Isère).
- Fontelles** (FRANÇOIS), directeur des mines des Bormettes, par La Londe (Var).

3. V. **Forget**, ingénieur, administrateur de la Société minière des Cévennes, 20, rue Cels, Paris.
- Fougère**, directeur de la Société minière de Zyrianowsk, Altaï du Sud (Sibérie).
- Fougerolle**, ingénieur aux mines de Lens, à Wingles, par Vendin-le-Vieil (Pas-de-Calais).
- Foujols** (B.), ingénieur-directeur des houillères de Saint-Laurs (Deux-Sèvres).
- Fould-Dupont** ✱, maître de forges à Pompey, près Frouard (Meurthe-et-Moselle).
- Fouletier** (JEAN), ingénieur-directeur des mines de nickel de Mérétrice, à Nouméa (Nouvelle-Calédonie).
- Fouletier** (PIERRE), ingénieur aux mines de Belmez, Provincia de Cordoba (Espagne).
- Fourcy** ingénieur-constructeur à Corbehem, près Douai (Nord).
- Franck** (SALOMON), directeur de la Compagnie des Salines de Dax, à Bayonne.
- Franclieu** (de) (HENRI), ingénieur, administrateur délégué de la Société anonyme de mines métalliques de Tolosa, calle San Francisco, 13, à Tolosa, Guipuscoa (Espagne).
- Franclieu** (de) (XAVIER), ingénieur, sous-directeur de la Société des freins Lipkowski, 37, rue Taitbout, Paris.
- François** (ALBERT), ingénieur, 12, rue du Midi, à Liège (Belgique).
- François** (A.) ✱, ingénieur-directeur général de la Compagnie des mines d'Anzin, à Anzin (Nord).
- François** (JOSEPH), ingénieur-constructeur à Seraing (Belgique).
- François** (LÉON), directeur-gérant des charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule réunis, à Quaregnon (Belgique).
- Frayssé** (LOUIS), ingénieur-conseil des mines, conseiller général de l'Aveyron, domaine de Calvance, par Saint-Cyprien, canton de Conques (Aveyron).
- Frayssé**, ingénieur aux Mines d'Anzin, à la Bellevue, par Denain (Nord).
- Frère** (ALFRED), ingénieur aux mines d'Anzin, à Denain (Nord).
- Freydier-Dubreul**, ingénieur civil, 31, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon.
- Friedel** ✱, ingénieur au Corps des Mines, professeur à l'Ecole des Mines de Saint-Étienne.
- Fumat**, ingénieur en chef des mines d'Ostricourt, à Oignies (Pas-de-Calais).
- Galland** (LOUIS), constructeur, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Galloway** (WILLIAM), mining engineer, 19, New-Port-Road, à Cardiff, South-Wales (Angleterre).
- Gambara**, ingénieur de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, 168, rue Lafayette, à Paris.
- Garand** (EMILE), ingénieur principal des mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Firminy (Loire).

- Garbay** (OCTAVE), ingénieur aux Houillères de Saint-Etienne.
- Garcin** (P.), ingénieur-directeur des mines de Turon, Asturies-Espagne.
- S. V. Gardon** (AIME), ingénieur civil des mines, 7, place de la Badouillère, Saint-Etienne.
- Garnier** (JULES) ✱, ingénieur civil, 47, rue de Clichy, Paris.
- Gary**, ingénieur à Terres-Rouges, par Tournissan (Aude).
- Gasc** (P.), ingénieur à Szczakowa, Galicie (Autriche).
- Gauthier de Bellefond** (JACQUES), ingénieur aux mines de Blanz, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Gauthier-Dumont**, propriétaire, 5, rue d'Arcole, Saint-Etienne.
- Gavet**, ingénieur des Mines de la Compagnie d'Alais, à Tamaris (Gard).
- Genes** (de), ingénieur civil des mines, ingénieur-conseil, 80, rue Taitbout, Paris.
- Genreau** (PHILIPPE) ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, 41, rue Blatin, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Genisse** (ADRIEN), ingénieur de la Compagnie parisienne du gaz, 146, rue Lafayette, Paris.
- Georgiadès** (G.), ingénieur en chef de la Société des usines du Laurium, à Ergasteria (Laurium), Grèce.
- Gerrard** (JOHN), inspecteur des mines, Worsley, Manchester, England.
- Gibaud** (J.), ingénieur-directeur de l'aciérie de Hennebont (Morbihan).
- Giffard**, inspecteur des combustibles à la Compagnie P.-L.-M., à Courbessac, par Nîmes (Gard).
- Girard** (A.), chimiste au laboratoire municipal de la ville de Paris, 61, rue de l'Arcade, Paris.
- Girard** (F.), ingénieur civil des mines, à Rive-de-Gier (Loire).
- Giros** (ANDRÉ), ingénieur-directeur des hauts-fourneaux de Marnaval, par Saint-Dizier (Haute-Marne).
- Glasser**, ingénieur au Corps des mines, à Saint-Etienne.
- Glorieux**, ingénieur à Alais (Gard).
- Godin** (O.), ingénieur-conseil, 23, place de Bronekart, à Liège (Belgique).
- Goffard**, directeur général de la Société anonyme des charbonnages de Hervé-Wergifosse, à Hervé (Belgique).
- Gollion** (JOANNY), ingénieur-directeur des mines de Pontpéan, par Bruz (Ille-et-Vilaine).
- Gonnet** (HENRY), ingénieur divisionnaire aux mines de Nœux, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Gorrand**, ingénieur de la maison Michalon, place de l'Hôtel-de-Ville, Saint-Etienne.
- Gosse** (RENÉ), ingénieur aux Mines de Carmaux (Tarn).
- Goumoëns** (de), administrateur de la Société des houillères de Ronchamp, à Morges (Suisse).
- Gouvy** (ALEXANDRE), ingénieur administrateur de la Société de travaux Vyle et Bacalan, 15, avenue Matignon, Paris.

- Gouvy** ✱, fabricant d'aciers, à Dieulouard (Meurthe-et-Moselle).
- Graillot** (DANIEL), ingénieur, maison Pinette, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Graillot** (LÉONARD), ingénieur du matériel des mines de Blanzky, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Grand** (E.) ✱, ingénieur-directeur des mines d'Albi, 30, boulevard de Strasbourg, à Albi (Tarn).
- S. V. **Grand'Eury** (C.) ✱, correspondant de l'Institut, professeur honoraire à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.
- Grange** (A.), ingénieur-directeur de la Vieille-Montagne, usine de Viviez (Aveyron).
- Griot** (L.-P.), ingénieur, 7, place Badouillère, Saint-Etienne.
- Grobot** (G.), directeur de l'usine d'Assailly, Lorette (Loire).
- Gromier** (GEORGES), ingénieur directeur de la Société minière et métallurgique de Penarroya, à Penarroya, province de Cordoue (Espagne).
- Groslier**, ingénieur à Bézenet (Allier).
- Gruner** (EDOUARD) O ✱, ingénieur adjoint au Conseil d'administration de MM. de Diétrich et C^{ie}, secrétaire du Comité central des houillères de France, 6, rue Féron, Paris.
- Gudin du Pavillon**, ingénieur-directeur des mines de Portes (Gard).
- Guerreau** (A.), ingénieur, 49, rue de la Victoire, Paris.
- Guilhaumat** (JULES), ingénieur-conseil de la Société française des charbonnages du Tonkin, 5, rue Caumartin, Paris.
- Guillemin-Tarayre** (E.) ✱, ingénieur, 15, rue Gutenberg, Parc-des-Princes, à Boulogne-sur-Seine (Seine).
- Guillemin** (HENRI), ingénieur, E. C. P. A. et M., ingénieur-constructeur, anciennes usines James Traill, à Albert (Somme).
- Guillot** (FRANÇOIS), ingénieur, représentant de la Société nouvelle des établissements de l'Horme et de la Buire, à l'Horme, Saint-Julien-en-Jarez (Loire).
- Guinamard**, ingénieur aux mines de Meurchin, à Bauvin (Nord).
- Guiraud** (GUSTAVE), ingénieur-directeur des mines de la Compagnie Porman et de la Compagnie des mines d'Alquife, à Alméria (Espagne).
- Guyard**, ingénieur, à Prado, par Puente Almuhey, province de Léon (Espagne).
- Hacha** (ALFRED), ingénieur, boulevard Frère-Orban, n° 45, à Liège (Belgique).
- Hanarte** (GUSTAVE), ingénieur, 21, rue Bertaimont, à Mons (Belgique).
- Hansel** (A.), ingénieur civil des Mines, à Cosnes, par Longwy-Haut (Meurthe-et-Moselle).
- Hardy** (E.), ingénieur civil des mines, 6, avenue Jules-Janin, à Paris.
- Harmet** ✱, ingénieur-directeur des forges et aciéries de Saint-Etienne, 17, place Marengo, Saint-Etienne.
- Harmegnies** (JEAN), ingénieur des Arts et Manufactures, associé de la maison Vertongen-Harmegnies, fabricants de câbles, à Auby-les-Douai (Nord).

- Maton de la Goupillière** G O *, inspecteur général des mines, membre de l'Institut, vice-président du Conseil général des mines, 56, rue de Vaugirard, Paris.
- Havard-Duclos** (TH.), ingénieur aux mines de Lens, à Douvrin (Pas-de-Calais).
- Hélot** (JULES), directeur des mines et usines de Buxières et la Courrolle, à Buxières-les-Mines (Allier).
- Hennecart** *, secrétaire général de la Société de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, 9, rue Sainte-Cécile, Paris.
- Henrlon** (J.), ingénieur-directeur de l'usine métallique d'Ust-Plavjanka Selo Alexandrowskoje, Saint-Petersbourg.
- Hermet** (J.), directeur de l'agence de la Compagnie des mines de Campagnac, 31, rue d'Avian, à Bordeaux (Gironde).
- Herscher-Geneste** (EMILE), ingénieur au Corps des Mines, à Lille (Nord).
- Hesschen** (ERNEST), ingénieur civil des mines, 319, Chemin des Aqueducs, Villa Geay, à Alger, Mustapha.
- Hiby** (W.), docteur en chimie, administrateur de The Otto-Hilgenstock Coke-Oven Co L^d, 109, Victoria Street, London S. W. (Angleterre).
- Hirsch** *, ingénieur en chef des ponts et chaussées, 1, rue Castiglione, Paris.
- Holtzer** (Maison), maîtres de forges, à Unieux, près Firminy (Loire).
- Holtzer** (PAUL), ingénieur à Saint-Gervais (Puy-de-Dôme).
- Huard de la Marre** (G.), ingénieur aux mines de Roche-la-Molière, près Firminy.
- Huchon** (JOSEPH), ingénieur des mines du Grosménil, par Sainte-Florine (Haute-Loire).
- Hugot** (ADOLPHE) *, directeur des Forges et Aciéries de Firminy, à Firminy (Loire).
- Hugot** fils, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, ingénieur adjoint à la direction des Aciéries et Forges de Firminy (Loire).
- Hulster (de)**, entrepreneur de sondages, 83, quai du Bassin, à Roanne (Loire).
- Humbert** (CAMILLE), ingénieur, à Villaverde de la Pena, Provincia de Palencia (Espagne).
- Humblot** (F.), ingénieur, directeur du service central des mines de Carmaux, 11, rue Michel-Ange, Paris.
- Hutter** (AIME), ingénieur, 12, rue Saint-Léonce, à Nîmes (Gard).
- Hutter** (EMMANUEL), maître de forges, à Rive-de-Gier (Loire).
- Hutter** (MARCEL), ingénieur civil, vice-consul d'Espagne, membre de la Chambre de Commerce de Dunkerque (Nord).
- Idoux**, ingénieur aux mines de la Grand'Combe (Gard).
- Imbert frères**, constructeurs à Saint-Julien-en-Jarez, près Saint-Chamond (Loire).
- Imbert de Vanoy**, ingénieur-métallurgiste, 53, rue d'Auteuil, Paris-Auteuil.

- Ingénieur** principal des Houillères de Penarroya, province de Cordoue (Espagne).
- Ingénieur** principal de la Société minière et métallurgique de Penarroya, à Azuaga, province de Badajoz (Espagne).
- Ingénieur** principal de la Société minière et métallurgique de Penarroya à San-Quintin, par Veredas, province de Ciudad-Réal (Espagne).
- Ingénieur-directeur** de l'Association Lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur, 37, cours du Midi, à Lyon.
- Ingénieur** de la C^e des Phosphates et du Chemin de fer de Gafsa, à Metlaoui, Tunisie.
- Jaboulay**, ingénieur aux mines de Monthieux, 72, rue Michelet, Saint-Etienne.
- Jacob**, ingénieur au Corps des Mines, à Alger (Algérie).
- Jacob** (EMILE), ingénieur civil des mines, 124, boulevard Péreire, Paris.
- Jacquet** (E.), ingénieur à l'Albenc, par Vinay (Isère).
- Jacquier** (A.), directeur des mines de Montrelais (Loire-Inférieure).
- S. V. **Janet** ✱, ingénieur au Corps des Mines, 87, boulevard Saint-Michel, Paris.
- Janssens de Burges**, constructeur, à Anzin (Nord).
- Jardé** (EMILE), ingénieur-directeur des forges de Tronçais (Compagnie de Châtillon-Commentry) (Allier).
- Jardel** (JOSEPH), ingénieur-directeur des mines de Carvin, à Carvin (Pas-de-Calais).
- Javal**, administrateur de mines, 14, rue Logelbach, Paris.
- Jeandon** (EMILE), contrôleur des mines, 30, rue de l'Aigle-Noir, à Vesoul (Haute-Saône).
- Jeans** (HAROLD), mining engineer, 165, Strand, London W. C. (Angleterre).
- Joly** (CLAUDIUS), ingénieur du jour de la Compagnie des mines d'Aniche, à Aniche (Nord).
- Jordan**, ingénieur principal des mines de Nœux (Pas-de-Calais).
- Journolleau**, directeur-gérant de la Société des verreries de Moscou, près le monastère de Simonovo, par la Taganka, à Moscou (Russie).
- Julien** (LOUIS), ingénieur de la Société minière et métallurgique de Penarroya, mines de San-Quintin, par Veredas, Ciudad-Réal (Espagne).
- Juquellier** (J.), ingénieur aux mines de Dourges, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Keller** (JEAN), ingénieur administrateur-délégué de la Société des mines de Czeladz, 66, rue de la Victoire, Paris.
- Kolb-Bernard**, ingénieur, directeur-gérant des mines de Courrières, 7 bis, rue Borghèse, à Neuilly-sur-Seine.
- Kuhmünch** (EUGÈNE), inspecteur des mines, 89, avenue de Neuilly, Neuilly-sur-Seine.
- S. V. **Kuss** ✱, ingénieur en chef des mines, à Douai (Nord).
- Lachapelle** (de), ingénieur divisionnaire aux mines de Montchanin (Schneider et C^e), à Montchanin-les-Mines (Saône-et-Loire).

La Chesnais, capitaine d'artillerie, 15, place Carnot, Lyon (Rhône).

Laclaudre (ERNEST).

Lacombe (HENRI), ingénieur des Arts et Manufactures, attaché à la Maison Biétrex, Leflaive et C^e, à La Chaléassière, Saint-Etienne.

Lacroix, ingénieur aux mines de l'Escarpelle, près Douai (Nord).

Lafitte (HENRI), ancien élève de l'Ecole Polytechnique, ingénieur, sous-chef des travaux des mines de Lens, à Lens (Pas-de-Calais).

• **Lafond** (CLAUDIUS), ingénieur civil, 6, rue Marengo, Saint-Etienne.

Laforce (MARIUS), ingénieur civil des mines, 6, avenue de la Plateforme, Nîmes (Gard).

Lagarde (de), ingénieur, directeur des Mines de Nongson, à Tourane (Annam).

Lagoutte, ingénieur aux mines de Blanzay, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).

Lajudie (de), ingénieur civil des mines, 14, rue Saint-Vincent-de-Paul, à Montpellier (Hérault).

Lallemand (A.), ingénieur civil, architecte, adjoint au maire de Cambrai (Nord).

Lamarche (LOUIS), ingénieur, gérant de la Société des Forges et Aciéries du Donetz, 3, villa Mozart, Paris.

Lamberto-Demarechl, ingénieur, 65, via Napoli, à Rome (Italie).

Lamborot, ingénieur civil, à Arras (Pas-de-Calais).

Landrion, secrétaire général de la Direction des mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Firminy (Loire).

Langlade (de), ingénieur, 2, place Richelieu, Bordeaux (Gironde).

Lapierre, ingénieur, 31, rue Gambetta, Saint-Etienne.

Lapierre (GILBERT), ingénieur en chef de l'exploitation des mines de Carmaux (Tarn).

Laponche, ingénieur des Arts et Manufactures aux usines Biétrex, à La Chaléassière, Saint-Etienne.

Laprunière (ANTONY), propriétaire directeur des houillères de Marsanges, villa Corbet, avenue de Lympha, Nice.

Larchet (FRANCISQUE), ingénieur civil, à Yzeure, par Moulins (Allier).

Lardy, directeur des Forges et Aciéries de Basse-Indre (Loire-Inférieure).

Largillier (HENRI), chef de service à la Société des Pyrites d'Huelva, à Valdelamusa, province d'Huelva (Espagne).

Larivière, gérant de la Commission des ardoisières d'Angers (Maine-et-Loire).

Laromiguière, ingénieur civil des mines, 3, rue Saint-Pantaléon, Toulouse (Haute-Garonne).

Lasserre, ingénieur civil des mines, 14, rue Gambetta, Saint-Etienne.

Launay, ingénieur aux mines de Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).

Laur (FRANCIS), ingénieur civil, 26, rue Brunel, à Paris.

Lauras (XAVIER), ingénieur, administrateur délégué des Charbonnages de Rykowski, 2, avenue de Villars, Paris.

- Laurans (A.)** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, 9, rue d'Astorg, Paris.
- Laurent (Auguste)**, directeur local de la Société des Mines d'Alzen, à la Bastide de Sérou (Ariège).
- Lavaurs**, directeur de la Compagnie des mines de Courrières, à Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Laveaux (E.)**, ingénieur aux mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Roche-la-Molière (Loire).
- Lavigne**, ingénieur aux mines de Bruay (Pas-de-Calais).
- Laville (J.-B.)**, contrôleur des mines, 17, rue Villebœuf, à Saint-Etienne.
- Layre (H.)**, ingénieur à Avèze, par Le Vigan (Gard).
- Lazartegui (de) (Julio)**, Campo, Bilbao (Espagne).
- Leblanc**, ingénieur civil, 14, place Marengo, à Saint-Etienne.
- Lebreton**, ingénieur en chef des mines, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Lebron**, ingénieur au Corps des Mines, 7, place Saint-Jean, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Lechat (Victor)**, ingénieur au Corps des Mines de Belgique, 32, rue Henricourt, à Liège (Belgique).
- Leclère**, ingénieur en chef des Mines, au Mans (Sarthe).
- Ledoux (Ch.)** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, 250, boulevard Saint-Germain, Paris.
- Lefèvre (Louis-Emile)**, ingénieur A. et M., 33, rue Meurin, à Lille (Nord).
- Leharle (Georges)**, ingénieur aux mines de Marles (Pas-de-Calais).
- Lemay**, ingénieur, directeur-gérant des mines d'Aniche, à Aniche (Nord).
- Lemière**, ingénieur principal des Houillères de Montvicq (Allier).
- Lemonnier (Paul)**, ingénieur civil des mines, représentant de la Société des Aciéries de Longwy, 80, rue Taitbout (Pavillon n° 6, Paris).
- Lencauchez**, ingénieur, 156, boulevard Magenta, Paris.
- Lenclud (Charles)**, ingénieur, entrepreneur de sondages à Hasnon (Nord).
- Le Neve Foster (Clément)** ✱, professeur à l'Ecole royale des mines de Londres, Royal College of Science, South Kensington London S. W.
- Lenique**, ingénieur E. C. P., 17, boulevard de la Madeleine, Paris.
- Léon (Alfred)**, ingénieur des Arts et Manufactures, 17, Calle Claudio Coello, à Madrid (Espagne).
- Lequin O** ✱, directeur général des usines de produits chimiques de la Compagnie de Saint-Gobain, 94, rue Jouffroy, Paris.
- Leriche**, ingénieur à la C^e des mines de la Loire, à Saint-Etienne.
- Leroy**, ingénieur aux mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Leseure** ✱, ingénieur en chef au Corps des mines en retraite, 21, rue Gambetta, Saint-Etienne.
- Lesplnats (de) (Victor)** ✱, administrateur de la Compagnie des forges de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons, 27, rue Victor-Hugo, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Letaud (Henri)**, ingénieur, à Conches (Eure).

- Levat**, ingénieur civil des mines, 174, boulevard Malesherbes, Paris.
- Levasseur**, ingénieur-mécanicien, 48, rue Henri-Kolle, à Lille (Nord).
- Lévêque** ✱, directeur des hauts-fourneaux de la Compagnie de l'Horme, au Pouzin (Ardèche).
- Le Verrier** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, professeur de métallurgie au Conservatoire des Arts et Métiers, Paris.
- Levet** (C.), ingénieur constructeur à Fontaines-les-Chalon (Saône-et-Loire).
- Lévy** (LÉON) O ✱, ingénieur en chef des mines, directeur de la Compagnie anonyme des forges de Châtillon et Commentry, 2, rue Logelbach, Paris.
- Lévy** (CHARLES), ingénieur-directeur des houillères de la Société des forges de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons, à Saint-Eloy (Puy-de-Dôme).
- Lévy** (AUGUSTE), ancien élève de l'Ecole Polytechnique, ingénieur civil des mines, 80, rue de Monceau, Paris.
- Leydier** (Th.), ingénieur aux ardoisières Villechien-Saint-Barthélemy, par Angers (Maine-et-Loire).
- Leznack** (de) (L.), ingénieur, 4, rue de la Giroflée, à Anvers (Belgique).
- Liechty**, ingénieur aux mines de Ronchamp (Haute-Saône).
- Liénard**, ingénieur au Corps des Mines, professeur à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.
- Lippmann** (EDOUARD) ✱, l'un des associés gérants de la maison Degoussée, Ch. Laurent et C^e, 36, rue de Chabrol, à Paris.
- Lodin** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, professeur de métallurgie à l'Ecole nationale supérieure des Mines, 16, rue Desbordes-Valmore, Paris.
- Lombard**, ingénieur divisionnaire à la Compagnie des houillères de Bessèges (Gard).
- Lombols**, ingénieur aux mines de Bully-Grenay (Pas-de-Calais).
- Lopez** (SANTIAGO), ingénieur de la maison Lopez, Puerta Farrisa n° 1, à Barcelone (Espagne).
- Luc** (CHARLES), directeur général de la Société française des charbonnages du Tonkin, à Hongay (Tonkin).
- Lucius** (PAUL), ingénieur attaché à la Maison Jacob Holtzer et C^e, 3, rue Boissonade, Paris (6^e).
- Lyonnet**, ingénieur aux usines d'Assailly, à Lorette (Loire).
- Machavoine**, ingénieur conseil des mines, 12, rue Victor-Hugo, à Bois-Colombe (Seine).
- Magalon** (GASTON), contrôleur des mines, 2, rue de la République, à Alais (Gard).
- Magnien** ✱, directeur des forges de l'Adour, au Boucau (Basses-Pyrénées).
- Magnin**, ingénieur aux mines de La Mure (Isère).
- Maillard** (GEORGES), ingénieur aux mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Maillet**, ingénieur-constructeur de machines à Anzin (Nord).
- Mairine**, ingénieur civil, à Luchapt (Vienne).

- Majer de Lewalt (R.)**, ingénieur-directeur de la division de Nancy de la Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est, à Jarville, près Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Malartre**, géomètre en chef des houillères de Bessèges, à Bessèges (Gard).
- Malatray**, ingénieur en chef des travaux du fond de la Compagnie des mines de Bully-Grenay (Pas-de-Calais).
- Malplat**, ingénieur divisionnaire aux mines de Blanzly, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Malissard-Taza (PAUL)**, ingénieur des Arts et Manufactures, à Anzin (Nord).
- Malissart**, ingénieur-directeur de la Société Escaut et Meuse, à Anzin (Nord).
- Mallet (JACQUES)**, ingénieur, rue Mi-Carême, 8, Saint-Etienne.
- Malot (CHARLES)**, ingénieur du service des combustibles à la Compagnie des chemins de fer du Nord, 10, rue de l'Eperon, à Paris.
- Manhès ***, métallurgiste, négociant en métaux, 3, rue Sala, Lyon.
- Manigler (STÉPHANE)**, ingénieur civil des mines, 175, rue du Faubourg-Poissonnière, Paris.
- Maquart (CH.)**, ingénieur civil, 23, place Sébastopol, à Lille (Nord).
- Marange (E.)**, ingénieur civil des mines, à Frouard (Meurthe-et-Moselle).
- Maréchal**, ingénieur aux mines de Ronchamp (Haute-Saône).
- Marljon (SIMON)**, ingénieur-directeur de la Société métallurgique et minière des Cévennes, à Flaviac (Ardèche).
- Marion (AUGUSTE)**, administrateur général de la Compagnie Guadalupe de Bolivia, à Tupiza via Buenos-Ayres (Bolivia).
- Marrel (HENRY)**, de la maison Marrel frères, maitres de forges, à Rivede-Gier.
- Marrel (JULES)**, de la maison Marrel frères, maitres de forges, à Rivede-Gier (Loire).
- Marrel (LÉON)**, de la maison Marrel frères, maitre de forges, à Rivede-Gier.
- Marsaut (J.-B.) ***, ingénieur-directeur de la Compagnie houillère de Bessèges (Gard).
- Martel**, ingénieur civil des mines, professeur à l'Ecole des Maitres-mineurs d'Alais, à Alais (Gard).
- Martin (EUGÈNE)**, ingénieur, directeur de la Société de mécanique industrielle d'Anzin, 42 bis, route de Condé, à Valenciennes (Nord).
- Martin (CHARLES)**, ingénieur aux mines de Fresnes (Nord).
- Martin (XAVIER)**, ingénieur divisionnaire aux mines de Blanzly, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Martinet**, ingénieur principal de la mine de Commentry (Allier).
- Masson (ARTHUR)**, directeur des mines de Drocourt, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Masson (LOUIS)**, contrôleur des mines, à Béthune (Pas-de-Calais).
- Matheron (EUGÈNE)**, directeur des mines de la Bouble, à Saint-Eloy les-Mines (Puy-de-Dôme).

- Matheron** (J.-C.), ingénieur principal des mines de Dombrowa (Pologne Russe).
- Mathet** (F.), ingénieur civil des mines, 6, rue Michel-Ange, Paris.
- Mathet** (LÉON), ingénieur aux mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Mathet** (PROSPER), ingénieur aux mines de Carmaux (Tarn).
- Mathevon** (HENRI), ingénieur civil, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Mathieu** (EUGÈNE), ingénieur-constructeur, 2, rue de Mulhouse, à Reims (Marne).
- Mattalia** (JOSEPH), ingénieur à Peveragno Cunéo (Italie).
- Maubeck** (G.), inspecteur au chemin de fer de l'Est, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Maureau**, administrateur-directeur de la Compagnie des mines de Lalle, près Alais (Gard).
- Maurice** (JOSEPH), ingeniero de minas, Monte-Horcas, por Villanueva-Minas (Sevilla) (Espagne).
- Maurice** (PAUL-ETIENNE), ingénieur, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, 8, rue Buisson, à Saint-Etienne.
- Mauroy de**, ingénieur civil des mines, à Wassy-sur-Blaise (Haute-Marne).
- Mausier**, ingénieur civil, à Saint-Galmier (Loire).
- Max** (MAURICE), ingénieur civil des mines, 94, avenue Henri-Martin, à Paris.
- Mazodier**, ingénieur principal des mines de la Grand'Combe (Gard).
- Ménessier**, ingénieur-directeur de l'usine Thiollière, à l'Horme, près Saint-Chamond (Loire).
- Menu** (ALPHONSE), directeur des mines de la Chapelle-sous-Dun (Saône-et-Loire).
- Mercier** (JOSEPH), ingénieur-directeur des mines de Tiercelet, Thil-Villerupt (Meurthe-et-Moselle).
- Mercier** (LOUIS), agent général de la Compagnie des mines de Béthune, à Bully-Grenay (Pas-de-Calais).
- Merrillé**, ingénieur civil des mines, 11, rue des Jardins, Saint-Etienne.
- Mesuré** ✱, ingénieur aux usines Saint-Jacques, à Montluçon (Allier).
- Mettrier**, ingénieur au Corps des Mines, à Montpellier (Hérault).
- Murgey** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, 7, rue de Thionville, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Meynier** (JÉRÔME), ingeniero mina San Elisa Penarroja, province de Cordoue (Espagne).
- Mias**, ingénieur de la C^e de Saint-Gobain, à la glacerie de Montluçon (Allier).
- Micaud** (JULES), ex-ingénieur en chef des mines de Béthune, expert près le Conseil de Préfecture de la Seine, 6, rue d'Alençon, Paris.
- Michalowski**, ingénieur, chef des exploitations de la Société des mines de la Loire, à Saint-Etienne.

- Michard** (J.), représentant de la Société civile des mines de bitume et d'asphalte du Centre, rue Judaique, 107, à Bordeaux (Gironde).
- Michel** (CAMILLE), ingénieur civil des mines, 25, quai Saint-Vincent, Lyon.
- Michel** (LÉOPOLD), ingénieur civil des mines, répétiteur de minéralogie à la Sorbonne, 128, avenue de Neuilly, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Michot** (ERNEST), ingénieur principal des mines de la Compagnie de Boléo, Santa-Rosalía, par Gaymas, Basse-Californie (Mexique).
- Nicol**, fabricant de produits minéraux et végétaux, à la Terrasse-en-Doizieu (Loire).
- Mignot** (ANDRÉ), ingénieur en chef de l'usine Javel (Société des Acières de France), villa Montmorency, 4, avenue des Tilleuls, Paris.
- Milsom**, ingénieur civil des mines, agriculteur à Siga-Rachgoum, par Béni-Saf (Algérie).
- Minier**, ingénieur aux mines de Ronchamp (Haute-Saône).
- Mirc**, ingénieur civil, 9, rue Emile-Littre, à Saint-Etienne.
- Mirc** (P.), ingénieur civil, 42, rue Beaujon, à Paris.
- Montgolfier** (de) O ✱, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur des Forges et Acières de la Marine et des chemins de fer, à Saint-Chamond (Loire).
- Morard**, ingénieur aux Hauts-Fourneaux de la Chiers, Longwy-Bas (Meurthe-et-Moselle).
- Morchoine**, ingénieur divisionnaire aux mines de la Loire, au Quartier-Gaillard, à Saint-Etienne.
- Moreau**, gérant de la Société de Montceau-Fontaine, à Montceau-sur-Sambre (Belgique).
- Moréteau** (JOANNY), ingénieur de la Commission de limite avec le Chili, à Buenos-Ayres (République Argentine).
- Morgues** (de), ingénieur en chef de la Compagnie des mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Morin**, ingénieur principal de la Société houillère de Liévin, à Liévin (Pas-de-Calais).
- Morineau** (E.), ingénieur, 94, boulevard Raspail, Paris.
- Mortier** (P.), ingénieur civil, place Mi-Carême, 7, à Saint-Etienne.
- Mouchet** (CH.), ingénieur divisionnaire à la Société française des charbonnages du Tonkin, à Hongay (Tonkin).
- Monlin**, ingénieur-divisionnaire aux Houillères de la Haute-Loire, à la Taupe, par Sainte Florine (Haute-Loire).
- Mouille**, fondeur à Saint-Chamond (Loire).
- Moutté** (A.), ingénieur aux mines d'Anzin, à Escaudain (Nord).
- Muguet** (CL.), ingénieur-directeur des mines d'Urikany, à Lupény, Transylvanie (Hongrie).
- Murgue** ✱, ingénieur-directeur des mines de Montrambert et de La Béraudière, 1, rue Saint-Honoré, Saint-Etienne.
- Nalissant**, inspecteur du matériel des mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Nègre**, agent de la Compagnie de Mokta-el-Hadid, 20, rue d'Avéjan, à Alais (Gard).

- Nentien** ✱, ingénieur en chef des Mines à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Nervo (de)** (LÉON), ingénieur des Arts et Manufactures, secrétaire-adjoint de la Compagnie de Mokta, rue de Courcelles, 73, Paris.
- Nesterowski** (NICOLAS), ingénieur des mines, rue Bronitzkaya, n° 4, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Neu**, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, ingénieur-conseil, 60, rue Brûle-Maison, à Lille (Nord).
- Nicolas** (PAUL), ingénieur aux hauts-fourneaux de Saint-Jacques, à Montluçon (Allier).
- Nicolet**, ingénieur des Arts et Manufactures, 2, place de l'Etoile, à Grenoble (Isère).
- Nithard**, ingénieur-directeur du bureau technique de la Compagnie générale d'électricité de Creil, 4, rue Lanterne, Lyon.
- Nivolt** (EDMOND) O ✱, inspecteur général des mines, professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, 2, rue de la Planche, Paris.
- Noblet** (J.), ingénieur à Aniche (Nord).
- Noguier**, ingénieur aux mines de Ferfay, à Auchel (Pas-de-Calais).
- Nollbois** (PAUL), ingénieur à la Compagnie des forges d'Alais (Gard).
- Nony** (EUGÈNE), ingénieur civil, 10, rue des Minimes, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Nonel** (ARMAND), ingénieur aux forges de Saint-Jacques, à Montluçon (Allier).
- Nougarède**, ingénieur civil des mines, à Villeneuve-de-Berg (Ardèche).
- Noviant**, ingénieur à Ganges (Hérault).
- Nozal** (P.), ingénieur, 7, quai de Passy, Paris.
- Nugue**, ingénieur aux ateliers de construction Pinette, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Oehler**, entrepreneur de fumisterie, rue de la République, 20, Saint-Etienne.
- Olliv** (GASTON), ingénieur aux mines de Gagnières, par Castillon-de-Gagnières (Gard).
- Olivier**, ingénieur-directeur des mines de Gagnières, par Castillon-de-Gagnières (Gard).
- Olry** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, rapporteur de la Commission des machines à vapeur, 23, rue Clapeyron, Paris.
- Oppermann** ✱, ingénieur en chef des mines, à Marseille.
- Ozier** (PAUL), ingénieur, 20, rue Juiverie, Lyon (Rhône).
- Panse** (PAUL), ingénieur, ancien sous-directeur des usines de Bessèges, 15, rue de Siam, Paris.
- Papon de Lamégné**, ingénieur civil des mines, Square Monceau, 82, boulevard des Batignolles, Paris (17°).
- Parent** (LUCIEN), ingénieur des fabrications à la Compagnie des mines d'Anzin (Nord).
- Parise** (FERDINAND), ingénieur en chef des mines de Graissessac (Hérault).

- Parodi** (LORENZO), ingénieur, 65, Borgo Cappucini, Livorno, Toscane (Italie).
- Parran** (A.) ✱, ingénieur en Chef au Corps des Mines, directeur-gérant de la Compagnie des minerais de fer magnétiques de Mokta-el-Hadid, 26, avenue de l'Opéra, à Paris.
- Pasquet** (H.), ingénieur divisionnaire aux mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Firminy (Loire).
- Pasquier** (ARMAND), ingénieur, gérant de la Société des Forges et Acières du Donetz, à Droujkowka, gouvernement d'Ekatérinoslaw (Russie).
- Patelin** (LOUIS), ingénieur aux mines de Messeix, par Bourg-Lastic (Puy-de-Dôme).
- Patelin** (PIERRE), ingénieur à Rive-de-Gier (Loire).
- Péchiney** ✱, directeur-gérant de la Compagnie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue, à Salindres (Gard).
- Péguet**, directeur des mines de Decazeville (Aveyron).
- Pélabon** (EMILE), conducteur des travaux du fond (C^e d'Anzin), à Saint-Waast-le-Haut (Nord).
- Péllissier**, ingénieur-directeur des mines de Bert, par Le Donjon (Allier).
- Pellerin** (ALFRED), ingénieur A. et M., 46, rue de l'Abbaye-des-Prés, à Douai (Nord).
- Pellé** (MAXIME) ✱, ingénieur en chef des mines, Directeur de la C^e des Phosphates et du Chemin de fer de Gafsa 4, rue Barra, Paris.
- Pellet** (EUGÈNE), ingénieur à la Compagnie des Forges d'Alais, 7, boulevard Gambetta, à Alais (Gard).
- Pérard** (CHARLES), ingénieur, chef de service aux hauts-fourneaux des forges et aciéries du Donetz, à Droujkowka, gouvernement d'Ekatérinoslaw (Russie).
- Pérés**, ingénieur, directeur divisionnaire aux mines d'Aniche, à Sin-le-Noble (Nord).
- Pérlaszel** (J.), ingénieur-directeur de la Compagnie des mines de Kef-Oum-Theboul, en liquidation, 62, rue Grignan, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Pernin** (PAUL), ingénieur en chef de la Société ardoisière de l'Anjou, 47, Boulevard de Saumur, à Angers (Maine-et-Loire).
- Pernolet** (ARTHUR) ✱, ingénieur, 87, rue Lafayette, Paris.
- Perrève** (GUSTAVE), directeur des mines de Villebœuf, 4, rue de la République, Saint-Etienne.
- Perrillon** (FLEURY), chef des laboratoires à la Compagnie des Fonderies, Forges et Acières de Saint-Etienne.
- Perrin**, chef du service des plans de la Société des Houillères de Saint-Etienne, 3, rue de Montell, au Soleil, Saint-Etienne.
- Perroy** (PAUL), ingénieur des ateliers, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Petit** (JOSEPH), ingénieur aux mines de Bruay, à Bruay (Pas-de-Calais).
- Petit** (PAUL), ingénieur en chef des Houillères de Saint-Etienne, 5, place Paul-Bert, Saint-Etienne.
- Petit** (PAUL), directeur des mines de Cessous et Comberedonde, à la Jasse, par Chamborigaud (Gard).

- Petit Jean O ***, ingénieur civil, administrateur délégué de la Société des mines d'Albi, 4, square Labruyère, Paris.
- Petitot ***, ingénieur, arbitre rapporteur près le Tribunal de commerce de Paris, expert près le Tribunal et le Conseil de Préfecture de la Seine, 93, rue de Seine, Paris.
- Peycelon (JAMES)**, administrateur délégué de la Société anonyme des eaux minérales des établissements de Saint-Galmier (Loire).
- Peyralbe**, ingénieur, directeur des Mines de Singles (Puy-de-Dôme).
- Peyro (EMILE)**, ingénieur, sous-directeur des hauts-fourneaux de Tamaris, près Alais (Gard).
- Peyre (MATHIAS)**, ingénieur des hauts-fourneaux de MM. de la Rochette et C^e, à Givors (Rhône).
- Peyre (LÉON)**, directeur de l'usine des Produits réfractaires H. Chaber et C^e, route de Bagnols, à Alais (Gard).
- Piala (A.)**, ingénieur-directeur des houillères d'Ahun, 15, rue Chaussée-d'Antin, à Paris.
- Pialat (P.)**, ingénieur principal aux mines de Champagnac (Cantal).
- Picandet (GILBERT)**, sous-chef de service à la manutention des charbons, à Decazeville (Aveyron).
- Picaud**, ingénieur aux Aciéries de Firminy (Loire).
- Piédana (LÉON)**, directeur des charbonnages de Bernissart, Hainaut (Belgique).
- Piérart (OCTAVE)**, directeur des mines de Thivencelles et Fresnes-Midi, à Fresnes-sur-Escaut (Nord).
- Pierra (EUGÈNE)**, ingénieur de la fosse n° 8 des mines de Lens, à Vendin-le-Vieil (Pas-de-Calais).
- Pierroanne**, directeur des Hauts-Fourneaux à l'usine de Briansk, à Ekaterinoslaw (Russie Méridionale).
- Piette**, directeur de la Société Russe du Donetz à Khartzisk, chemin de fer Catherine (Russie Méridionale).
- Piffaut**, directeur des mines de Perrecy-les-Forges, à Gênelard (Saône-et-Loire).
- Pigeot**, ingénieur aux mines de Montrambert.
- Pillez (PAUL)**, ingénieur, 8, rue Victor-Massé, Paris.
- Pinat et C^e**, gérants de la Société des hauts-fourneaux d'Allevard (Isère).
- S. V. Pinel ***, ingénieur, administrateur des Houillères de Montrambert à Vernusse, par Montmarault (Allier).
- Pinette (G.) ***, constructeur-mécanicien, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Pinette (PAUL)**, fils, constructeur-mécanicien, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Pinmartin**, ingénieur en chef du contentieux de la Compagnie des mines de Graissessac, à Graissessac (Hérault).
- Pirekher**, ingénieur en chef des Travaux du jour aux Mines de Béthune, à Bully-Grenay (Pas-de-Calais).
- Piron (PIERRE)**, ingénieur aux mines de Commentry (Allier).
- Pitaval (ROBERT)**, ingénieur civil des mines, 26, rue Brunel, Paris.

Place (de), directeur de la Compagnie anonyme des houillères de Rochebelle, à Alais (Gard).

Planchard (LÉON), ingénieur civil des mines, 16, avenue de la Gare, à Moulins (Allier).

Plumier (CHARLES), ingénieur honoraire des mines, rue de Naples, 41, à Bruxelles, Ixelles (Belgique).

Pochat, directeur des mines de Champagnac, à Champagnac-les-Mines (Cantal).

Pochon (THÉOPHILE), ingénieur civil des mines à Tarare (Rhône).

Pocquet, ingénieur principal des Mines de la Loire, 42, rue de Montaud, Saint-Etienne.

S. V. **Poillon (L.)**, ingénieur des Arts et Manufactures, Escuela nacional de Artes y oficios, Espalda de San-Lorenzo, Mexico (Mexique).

Poisot (E.), ingénieur-directeur de la houillère du Creusot, au Creusot (Saône-et-Loire).

Polge (URBAIN), ingénieur aux mines de Rochebelle, près Alais (Gard).

Ponchez (DAVID) *, ingénieur principal de la Société Belleville et C^e, Saint-Denis, Paris.

Ponsonnard, ingénieur amodataire des mines de la Porchère, 13, rue de la République, Saint-Etienne.

Portier (HENRI), ingénieur des Arts et Manufactures, représentant de la Compagnie des mines de Courrières, 17, avenue Bugeaud, Paris.

Portier, ingénieur-directeur des mines de Crespin-Nord, 24, rue de Beaumont, à Valenciennes (Nord).

Potiaux, sous-directeur des travaux du jour aux mines de Nœux (Pas-de-Calais).

Poteau (P.), agent commercial des mines d'Aniche, à Aniche (Nord).

Potier (ALEXANDRE), chef des travaux aux usines de la Compagnie de Saint-Gobain, à Montluçon (Allier).

Potier (JULES), ingénieur, sous-directeur des mines d'asphalte, du Val-de-Travers (Suisse).

Poulenc (CAMILLE), D^e ès-sciences, fabricant de produits chimiques, 92, rue Vieille-du-Temple, Paris.

Poumalrac, directeur des mines de Ferfay (Pas-de-Calais).

Pourcel (A.), ingénieur, 2, square du Roule, Paris.

Poussiguet (LÉON), directeur de la Société des houillères de Ronchamp (Haute-Saône).

Poutet, ingénieur civil, à Roquevaire (Bouches-du-Rhône).

Prat (LOUIS), ingénieur civil, 51, rue Taitbout, Paris.

Président du Conseil d'Administration de la Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy (Loire).

Président du Conseil d'Administration de la Compagnie anonyme des mines d'Ahun, à Lavaveix-les-Mines (Creuse).

Président du Conseil d'Administration des Mines de la Loire, 47, rue Joubert, Paris.

Primat, ingénieur au Corps des Mines, 5, boulevard Gambetta, à Grenoble (Isère).

- Procureur**, directeur de l'Exploitation de la Compagnie du Sud-Est de la France, à Aime (Savoie).
- Prudhomme**, ingénieur aux forges de l'Adour, au Boucau (Basses-Pyrénées).
- Prudhomme (JEAN)**, ingénieur en chef des travaux du fond aux mines de Dourges (Pas-de-Calais).
- Pupat**, constructeur à l'Horme, par Saint-Julien-en-Jarez (Loire).
- Rabault (MARCEL)**, ingénieur aux mines d'Anzin, à Hérin (Nord).
- Ract-Madoux**, ingénieur, 34, quai de la Charité, Lyon.
- Radisson (LOUIS)**, ingénieur de la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine, à Assailly, Lorette (Loire).
- Rahman**, ingénieur civil des mines, directeur des mines de fer d'Ain-Oudrer, Souk-el-Haad, département d'Alger (Algérie).
- Rameau (HENRI)**, ingénieur, agent des ventes de la Compagnie de Béthune, 9, rue des Capucines, Paris.
- Randabel (JULES)**, ingénieur des Arts et Manufactures, chef de section au chemin de fer P.-L.-M., à Alais (Gard).
- Raspal (FERNAND)**, ingénieur aux mines de la Compagnie houillère de Bessèges, à Molières-sur-Cèze (Gard).
- Rateau (A.)**, ingénieur au Corps des Mines, 105, quai d'Orsay, Paris.
- Ratelade**, ingénieur aux Mines de la Vieille-Castille, à Prado, province de Léon (Espagne).
- Ravat (J.-F.)**, ingénieur à Luneau (Allier).
- Ray (JOSEPH)**, ingénieur à la C^{ie} des Mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Firminy (Loire).
- Raymond (A.)**, ancien ingénieur en chef des mines de la Société du Creusot, 4, rue de Mâcon, au Creusot (Saône-et-Loire).
- Reboul**, ingénieur au Vigan (Gard).
- Recollin (H.)**, ingénieur, sous-directeur aux mines de Sain-Bel (Rhône).
- Redon (AUGUSTE)**, ingénieur en chef de la Compagnie Franco-Russe des Houillères de Bérestow, station Karyenkowa, chemin de fer K. X. A. (Russie méridionale).
- S. V. Regnard (CHARLES)**, ingénieur-architecte, à Montélimar (Drôme).
- Remengeon**, ingénieur aux Aciéries de France, à Isbergues (Pas-de-Calais).
- Renard (P.)**, ingénieur à la Compagnie de Béthune, à Auchy-la-Bassée (Pas-de-Calais).
- Renié (LÉON)**, ingénieur directeur de la Société anonyme des houillères de la Haute-Loire, au Grosménil, par Sainte-Florine (Haute-Loire).
- Résimont (ARMAND)**, directeur de la Société anonyme des forges et aciéries du Nord et de l'Est, à Valenciennes (Nord).
- Reumaux O ***, ingénieur-directeur des mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Rexroth (F.)**, ingénieur à Sarrebruck (Prusse Rhénane).
- Revol (HIPPOLYTE)**, chef de service aux Aciéries de Firminy (Loire).
- Reymond (J.-B.)**, ingénieur civil, 12, place Fourneyron, Saint-Etienne.
- Reynaud**, ingénieur aux forges et aciéries de Saint-Etienne, Le Marais, Saint-Etienne (Loire).

- Ribeyron**, ingénieur directeur aux mines de Dombrowa, station du chemin de fer de Varsovie-Vienne (Pologne Russe).
- Riboud (JOSEPH)**, directeur des Ateliers L. Galland, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Rigo (EUGÈNE)**, ingénieur à l'usine de Saint-Marcel (Société de Vézin-Aulnoye), à Hautmont (Nord).
- Riollet (JULES)**, ingénieur civil des mines, Secrétaire général de la Direction des Charbonnages de Rykovski à Iousovka (Russie Méridionale).
- Rivet (EMMANUEL)**, ingénieur au Corps des Mines, 2, rue des Remparts-d'Ainay, Lyon (Rhône).
- Rivoire (LUCIEN)**, ingénieur aux Forges et Aciéries de Saint-Etienne (Loire).
- Robert (EMILE)**, contrôleur des mines, 5, rue de Lodi, Saint-Etienne (Loire).
- Robland ***, ingénieur en chef des mines de Dourges, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Robinet (EMILE)**, ingénieur principal des mines de Nœux (Pas-de-Calais).
- Roche (EMILE)**, ingénieur-directeur de la Société des fonderies et forges de Crans, à Annecy (Haute-Savoie).
- Roche (EMILE)**, concessionnaire de mines à Pamiers (Ariège).
- Rochon**, ingénieur aux mines de Valdonne, par Roquevaire (Bouches-du-Rhône).
- Rodde**, ingénieur principal des mines de Montrambert et La Béraudière, près Saint-Etienne (Loire).
- Rodet**, ingénieur civil, à Tournon (Ardèche).
- Rolland (ETIENNE) ***, administrateur des mines de La Mure (Isère).
- Rolland (G.)**, agent administratif des Aciéries de France, à Isbergues (Pas-de-Calais).
- Rolland (LOUIS)**, ingénieur-directeur des forges de Douai (Nord).
- Rolland (ALFRED)**, chef du service de l'exploitation du chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers, rue Cotte-Rouge, à La Mure (Isère).
- Rondeleux**, directeur des mines et usines de la Condemine, à Buxières-les-Mines (Allier).
- Rostan**, ingénieur civil au Puy (Haute-Loire).
- Rottelaur (ALBERT)**, ingénieur en chef honoraire des mines de Béthune, 5, avenue des Sycomores, villa Montmorency, à Auteuil, Paris.
- Rouff (VICTOR)**, constructeur d'instruments de précision, 4, rue du Grand-Moulin, à Saint-Etienne (Loire).
- Roussellier (JEAN)**, ingénieur civil des mines, 20, cours Pierre-Puget, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Roussellier (GUSTAVE)**, ingénieur des Arts et Manufactures, 11, rue de l'Arsenal, à Marseille.
- Roussel (du)**, directeur de la Compagnie des Mines de la Loire, à Saint-Etienne.

- Bouveure** (CHARLES), ingénieur civil des mines, ancien directeur de la Société de pétrole « Bukovina », chargé de mission industrielle en Autriche, Bielitzerstrasse, 2, Teschen (Silésie).
- Boux** (CAMILLE), ingénieur aux mines de Molières-sur-Cèze (Gard).
- Boux** (ETIENNE), ingénieur civil des mines, directeur de l'usine de dynamite d'Ablon, Saint-Sauveur, par La Rivière Calvados.
- Rappé** (MARC), directeur des mines des Malines, ingénieur-conseil de la Société minière et métallurgique Franco-Espagnole, aux Malines, par Ganges (Hérault).
- Saclier** (LÉON), ingénieur en chef des travaux du fond des mines d'Anzin, à Anzin (Nord).
- Saconney** (JULES), ingénieur aux aciéries de Huta-Bankowa, à Dombrowa (Pologne Russe).
- Saez-Pasthène** (E.), à Copiapo (Chili).
- Saignol**, ingénieur civil, 7, rue de la Préfecture, à Saint-Etienne.
- Saint-Phalle (de)**, ingénieur civil des mines, à Saint-Bénin-d'Azy (Nièvre).
- Saint-Vaulry (de)**, ingénieur aux mines de l'Escarpelle, à Flers-en-Escrebieux (Nord).
- Saladin** (EDOUARD), ingénieur civil des mines, chez MM. Schneider et C^e, au Creusot (Saône-et-Loire).
- Salanson** (ALPHONSE), ingénieur civil des mines, 23, rue des Ecuries d'Artois, Paris.
- Salcilles-Clerget**, négociant à Beaune (Côte-d'Or).
- Salgues** (ALPHONSE), ingénieur civil des mines, 23, rue Saint-Etienne, Toulouse.
- Salin** (P.), ingénieur divisionnaire aux mines de Decize, à La Machine (Nièvre).
- Sangoy**, ingénieur-directeur des mines de la Chazotte, à La Talaudière (Loire).
- Sartiaux** (ROMAIN), propriétaire des Etablissements métallurgiques et industriels, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Satte**, géomètre aux mines des Salles de Gagnières (Gard).
- Sauvajol** (PIERRE), ingénieur des Arts et Manufactures, aux Aciéries d'Unieux (Loire).
- Saux**, ingénieur, directeur de l'Etablissement métallurgique de Vienne (Isère).
- Say** (A.), ingénieur de la Société de carbonisation aux forges de Mieres, à Mieres, Asturies (Espagne).
- Saverot** (HENRI), ingénieur aux mines de Blanzay, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Schmidt**, ingénieur civil, 19, boulevard Haussmann, Paris.
- Schneider** (PAUL) ✱, président du Conseil d'administration de la Compagnie des mines de Douchy, 32, rue de la Ville-l'Evêque, Paris.
- Scudier** (MAURICE), ingénieur de la Société des Aciéries de France, au Gua, par Aubin (Aveyron).

- Seibel** ✱, directeur des mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron).
- Seigle**, ingénieur aux usines Saint-Jacques, à Montluçon (Allier).
- Sépulchre**, délégué du directeur général de la Société de Vézin-Aulnoye, 123, rue de Lille, Paris.
- Serres (de)**, ingénieur aux Houillères de Saint-Etienne.
- Servonnat** (CH.), ingénieur aux mines de la Bouble, à Saint-Eloy (Puy-de-Dôme).
- Seyve**, ingénieur aux mines d'Anzin, à Abscon (Nord).
- Sille** (JOSEPH), ingénieur-directeur de la Compagnie de Flines-les-Raches (Nord).
- Simon** (AUGUSTE), ingénieur-directeur des mines de Liévin (Pas-de-Calais).
- Simon** (G.), ingénieur-directeur des Houillères de Stiring, à Petite-Rosselle, près Forbach (Lorraine).
- Simon** (RENÉ), ingénieur civil des mines, 41, rue Gambetta, Saint-Etienne.
- Simon** (A.), docteur, Bishopsgate street, 55, London E. C. (Angleterre).
- Soboul**, ingénieur à la Compagnie des mines de la Grand'Combe (Gard).
- Société** anonyme des fonderies et forges de Montataire, 16, rue Le Pelletier, Paris.
- Société** anonyme de mécanique industrielle d'Anzin, à Anzin (Nord).
- Société** anonyme des forges et aciéries de Firminy (Loire).
- Société** anonyme des charbonnages du Nord de Charleroi, à Roux (Belgique).
- Société** anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).
- Société** anonyme des houillères de Meurchin, à Meurchin (Pas-de-Calais).
- Société** Cockerill, à Seraing (Belgique).
- Société** houillère de Liévin (Pas-de-Calais).
- Société** anonyme des hauts-fourneaux de Maubeuge (Nord).
- Société** des mines de Lens, 91, rue Nationale, à Lille (Nord).
- Société** anonyme des Mines de la Loire, à Saint-Etienne.
- Société** des mines de Carmaux, 35, rue Pasquier, Paris.
- Société** anonyme des forges et aciéries de Hüta-Bankowa, à Dombrowa (Pologne Russe).
- Société** anonyme des anciens Etablissements Cail, 21, rue de Londres, à Paris.
- Société** anonyme des Houillères de Saint-Etienne, 13, rue des Jardins, Saint-Etienne.
- Société** française des poudres de sûreté (brevet Favier), 62, rue de Provence, à Paris.
- Société** anonyme des houillères et du chemin de fer d'Epinal (Saône-et-Loire).

- Société anonyme de la Vieille-Montagne**, à Moresnet, par Mentzen (Belgique).
- Société de Commeny-Fourchambault**, à Montluçon (Allier).
- Société de Commeny-Fourchambault**, à Decazeville (Aveyron).
- Société anonyme des forges de Châtillon et Commeny**, 19, rue de La Rochefoucauld, Paris.
- Société minière et métallurgique de Penarroya**, 12, place Vendôme, Paris.
- Société anonyme des Mines de Czeladz, Sosnowice** (Pologne Russe).
- Société anonyme des ateliers de construction de Gorlowka**, à Gorlowka (Russie méridionale).
- Segno (EUGÈNE)**, ingénieur civil des mines, 20, rue El-Sadikia, à Tunis (Tunisie).
- Solier (ANTOINE)**, ingénieur.
- Solvay et Cie**, fabricants de produits chimiques, à Varangéville-Dombasle (Meurthe-et-Moselle).
- Soubeyran (A.)** ✱, ingénieur en chef au Corps des Mines, 102, boulevard Pereire, Paris XVII^e.
- Souchon (EUGÈNE)**, ingénieur à Salindres (Gard).
- Soulages (AUGUSTE)**, contrôleur des mines, 10, cours Fauriel, Saint-Etienne.
- Soulaey (CLAUDIUS)**, ingénieur-directeur de la Société Houillère de Ligny-lez-Aire, à Estrée-Blanche (Pas-de-Calais).
- Sovignet (JOSEPH)**, directeur aux hauts-fourneaux de Chasse, près Givors (Isère).
- Stein (ADOLPHE)**, constructeur de câbles, à Danjoutin, Belfort.
- Steinbach (VICTOR)**, ancien maître de forges, 38, rue de Livourne, à Bruxelles (Belgique).
- Stiévenard**, fabricant de câbles, à Lens (Pas-de-Calais).
- Stoutz (de) (EDMOND)**, ingénieur-directeur de la King Salomon G. M. C^e L^a, Coolgardie, Western Australia.
- Suisse**, ingénieur, 46, rue Spontini, Paris.
- Suhr (JEAN)**, ingénieur aux aciéries Jacob Holtzer et C^e, à Unieux (Loire).
- Tacquet (J.)**, ingénieur-directeur des mines de Meurchin, par Bauvin (Pas-de-Calais).
- Taragonet (E.)**, directeur général des Aciéries de France, 29, quai de Grenelle, Paris.
- Tardivat (L.)**, ingénieur, 2, cours Victor-Hugo, Saint-Etienne.
- Tauzin** ✱, ingénieur en chef des Mines, directeur de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.
- Tay (TOUSSAINT)**, ingénieur aux mines de Decazeville (Aveyron).
- Tellier (LÉON)**, ingénieur-directeur du Syndicat de Recherches minières de Barbençon, Hainaut (Belgique).
- Terrailon (H.)**, ingénieur civil des mines, aux forges de Buglose, près Dax (Landes).

- Terrel** (EDMOND), ingénieur, 7, rue Daval, Paris.
- Terrier** (LÉON), ingénieur des Arts et Manufactures, ancien ingénieur des Mines de Liévin et de Nœux, attaché à la maison Bornet, 45, rue Ferdinand, Paris.
- Tétard**, ingénieur à Aniche (Nord).
- Teyssèdre**, ingénieur, directeur de la Société Teyssèdre et C^e, à Terrenoire (Loire).
- Theurlot** (PIERRE), ingénieur, directeur des Mines de la Lucette, Le Genest (Mayenne).
- Thiébaud**, ingénieur divisionnaire aux mines de Rochebelle (Gard).
- Thiébaud** (FERNAND), ingénieur métallurgiste, à Marchiennes-au-Pont (Belgique).
- Thiery**, ingénieur aux mines de Courrières, à Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Thiry** (CHARLES), ingénieur-directeur de la Compagnie des Mines de l'Escarpelle, à Flers-en-Escrebieux (Nord).
- Thiry** (JOSEPH), ingénieur-directeur de la « Otto Hilgenstock Coke-Oven Company Limited », 109, Victoria street, Westminster, London S. W.
- Thomas** (FERDINAND), ingénieur aux mines de La Faverge, à Grand-Croix (Loire).
- Thorez**, ingénieur-directeur des mines d'Azincourt, 6, quai Saint-Maurand, à Douai (Nord).
- Thurillet** (C.), ingénieur-constructeur, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Timmermans** (FRANÇOIS), ingénieur-directeur-gérant des ateliers de construction de la Meuse, à Liège (Belgique).
- Tissot**, ingénieur A. et M., 15, rue Labisse, à Douai (Nord).
- Tixier** (FRANÇOIS), ingénieur civil des mines, rue de Caumartin, 52, Paris.
- Tomson** (E.), ingénieur honoraire des mines, consul de Belgique, directeur général de la Société des charbonnages Dahlbush, Zeche Dahlbusch, Gelsenkirchen (Allemagne).
- Tostivint** (JEAN), ingénieur.
- Touren** (G.), ingénieur aux mines de Lalle, à Bessèges (Gard).
- Trasenster** (PAUL), ingénieur honoraire des mines, professeur à l'Ecole des Mines de Liège, 53, boulevard d'Avroy, à Liège (Belgique).
- Trémouille**, ingénieur à la houillère de Deneuille-les-Mines, par Villefranche (Allier).
- Trognon**, ingénieur, directeur divisionnaire aux mines d'Anzin, à Vieux-Condé (Nord).
- Trollat**, ingénieur, 17, avenue de l'Observatoire, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Umbach**, ingénieur des ateliers de constructions de l'Horme, par Saint-Chamond (Loire).
- Valdot** (LOUIS), ingénieur civil des mines, 25, rue de la Loire, à Saint-Etienne.

- Valette** (LOUIS), ingénieur-directeur de la Société de la Vieille-Montagne, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Valez** (O.), ingénieur aux ardoisières d'Anjou, à Renazé (Mayenne).
- Valla** (L.), ingénieur civil des mines, 89, boulevard de Longchamps, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Valton** (F.) ✱, ingénieur civil, 19, parc de Montretout, Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
- S. V. **Vendeppeereboom** (E.), ingénieur des mines et charbonnages Artistes Xhorré, 15, rue d'Artois, à Liège (Belgique).
- Vanhassel** (PROSPER), ingénieur-directeur des travaux de la Société anonyme des charbonnages du Couchant de Flénu, à Quarezum (Belgique).
- S. V. **Vauvillier** (FÉLIX), ingénieur civil chez M^{re} Vauvillier-Russet, 15, rue Saint-Pierre, Dijon.
- Verdier** (EUGÈNE), ingénieur, 7, rue Logelbach, Paris.
- Verdillon** (de), ingénieur, ex-directeur des usines de Commentry à Fontortie, près Gannat (Allier).
- Verdun** (THÉODORE), directeur des mines de soufre de Lorca, à Lorca, province de Murcie (Espagne).
- Verlant**, ingénieur au Corps des Mines, 19, boulevard Morland, Paris.
- Vermorel**, ingénieur-directeur des mines de la Société d'études et de recherches des houillères de Brassac (Puy-de-Dôme).
- Verney** (HENRI), ingénieur, adjoint au Secrétariat de la Société de l'Industrie Minérale, à l'Ecole des Mines, Saint-Etienne.
- Verny** (LÉONCE), ingénieur au Pont-d'Aubenas (Ardèche).
- Vertongen** (CHARLES), ingénieur honoraire des mines, administrateur délégué de la Société anonyme des Corderie, Ficellerie et Filature de chanvre de Douai, 41, rue d'Arras, à Douai (Nord).
- Vertongen-Goëns** (ALBERT), de la maison Vertongen et Harmegnies, fabricant de câbles, à Aubry-lez-Douai (Nord).
- Verzat**, ingénieur attaché à la Société des Ardoisières de l'Anjou, à Segré (Maine-et-Loire).
- Viala** (GUSTAVE) ✱, ingénieur civil des mines, 21, boulevard Pasteur, à Douai (Nord).
- Vialla** (EUGÈNE), ancien directeur des mines de Lalle, ingénieur civil des mines, rue Léopold-Robert, 3, Paris.
- Viallatoux**, ingénieur-directeur de la Société des Verreries de Pont-Saint-Esprit (Gard).
- Vialleton** (J.), ingénieur civil, 31, rue Lesdiguières, à Grenoble (Isère).
- Viannay** (VICTOR), ingénieur de la fosse n° 1 de la Compagnie des mines de Béthune (Pas-de-Calais).
- Vidal** (LOUIS), ingénieur à la C^e des mines d'Anzin (Nord).
- Vieillard**, agent de la Société de carbonisation, Apartado, 15, Bilbao (Espagne).
- Vignolle** (LOUIS), ingénieur civil, propriétaire-gérant du Gaz de Wimille-Wimereux (Pas-de-Calais).
- Villain**, ingénieur au Corps des Mines, 57, rue Stanislas à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

- Villain fils et Cie**, constructeurs, 18, rue des Rogations, à Lille (Nord).
- Villet**, ingénieur aux mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Villet (F.)**, ingénieur des mines du Cros, près Saint-Etienne (Loire).
- Villiers ***, directeur de la Société anonyme des Houillères de Saint-Etienne (Loire), 13, rue des Jardins, Saint-Etienne.
- Villiers (HENRY)**, ingénieur d'usines à gaz, bureau de M. de Lachomette, 4, quai de la Pêcherie, Lyon.
- Vincens (CHARLES)**, directeur des mines de Dombovâla, à Krivoï-Rog, gouvernement de Kherson (Russie Méridionale).
- Virely (P.)**, ingénieur en chef de la Compagnie des mines de Drocourt, à Rouvray (Pas-de-Calais).
- Viseo**, ingénieur, quai du Bief, 9, Givors (Rhône).
- Vitali (comte PH.)**, ingénieur, 7, rue Tilsitt, Paris.
- Vivier (J.)**, ingénieur à Varcès, par Pont-de-Claix (Isère).
- Volret**, ingénieur civil, à Menat (Puy-de-Dôme).
- Voisin (ETIENNE)**, ingénieur aux Mines du Creusot (Saône-et-Loire).
- Voisin (H.) ***, ingénieur en chef au Corps des Mines, directeur de la Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Firminy (Loire).
- Vuillemin (E.) O ***, ingénieur, ancien gérant de la Compagnie des mines d'Aniche, à Douai (Nord).
- Vuillemin (GEORGES) ***, ingénieur civil des mines, 6, avenue Gambetta, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
- Vuillot (A.)**, ingénieur divisionnaire aux mines de Marles (Pas-de-Calais).
- Walkenaer O ***, ingénieur en chef au Corps des Mines, 218, boulevard Saint-Germain, Paris.
- Waldthausen (OSCAR)**, ingénieur directeur-gérant de la Société d'Aremberg, à Essen-sur-Rhur (Prusse Rhénane).
- Walton-Brown**, 10, Lambton Road, Newcastle-upon-Tyne (Angleterre).
- Wauthy**, maître de fonderies, à Sin-le-Noble, près Douai (Nord).
- Weiss (PAUL)**, ingénieur au Corps des Mines, directeur des mines d'Héraclée, 78 bis, avenue Henri-Martin, Paris.
- Wencéllus (LÉON)**, ingénieur à Niederbronn (Alsace).
- Wencéllus fils**, chef de laboratoire, à Differdange (Grand-Duché de Luxembourg).
- Wendel (de) (HENRI)**, maître de forges, Hayange, près Metz (Lorraine).
- Wendel (de) (ROBERT)**, maître de forges, à Hayange, près Metz (Lorraine).
- Wender**, ingénieur-directeur des mines de sel et salines de Saint-Nicolas (Meurthe-et-Moselle).
- Wertheim (CLÉMENT-J.-M.)**, ingénieur des mines de 2^e classe, à Batavia (Indes Néerlandaises).
- S. V. Worms de Romilly O ***, inspecteur général des mines, 7, rue Balzac, Paris.

Wargter *, professeur d'exploitation des mines à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, 7, rue Viète, à Paris.

Xhignesse, chef de service de la forge de Tamaris, près Alais (Gard).

Ybran (GIRONINO), ingénieur en chef des mines à Oviedo (Espagne).

Zipperien (A.), ingénieur, 21, rue Ballu, Paris.

Zoude (PAUL), ingénieur, à Ransart (Belgique).

Zyromski (THÉODORE), ingénieur-directeur des hauts-fourneaux de Montataire, à Frouard (Meurthe-et-Moselle).

LISTE DES SOCIÉTAIRES A VIE DÉCÉDÉS

Grille (JULES), était ingénieur civil à Rouen.

Vauvilliers (LAURENT), était ingénieur civil à Mâcon.

NOMBRE DE MEMBRES : 1100.

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

PAR DÉPARTEMENTS

AIN

Bonnet (F.).

ALLIER

Anglès-Dauriac.

Bayle (C.).

Bodard.

Bonnel.

Boutonnet (H.-G.).

Boutonnet (J.-M.)

Buisson (Ch.).

Carnat.

Charpy.

Demont.

Directeur des Houillères de
Commentry.

Duchet.

Dumuis.

Fabre.

Faugière.

Félix.

Groslier.

Héliot.

Jardé.

Larchet.

Lemière.

Martinet.

Mesuré.

Mias.

Nicolas.

Nouel.

Pélissier.

Pinel.

Piron.

Potier (A.).

Planchard.

Ravat.

Rondeleux.

Seigle.

Société Commentry-Fourcham-
bault.

Tremouille.

Verdillon (de).

ALPES-MARITIMES

Laprunière.

ALPES (HAUTES-)

Descous.

ARDÈCHE

Couderc.

Dantin (J.).

Decemond.

Durand.

Lévêque.

Marijon.

Nougarède.

Rodet.

Verny.

ARDENNES

Brice. | Degaugue (A.).

ARIÈGE

Champetier. | Laurent (A.).
Dauphin. | Rocher.

AUDE

Gary.

AVEYRON

Boudouresque.	Grange.
Caillot.	Péguet.
Camus.	Picandet.
Chapoton.	Scudier.
Clavelly.	Seibel.
Combalot.	Société de Commentry-Four-
Devun (Cl.).	chambault.
Fraysse.	Tay.

BASSES-ALPES

Arestan.

BELFORT

Stein.

BOUCHES-DU-RHÔNE

Alexis.	Direction des Charbonnages des
Armand.	Bouches-du-Rhône.
Bardon.	Domage.
Baumann.	Faye.
Bessard.	Nony.
Cabon.	Oppermann.
Carle.	Périssel.
Castanier (G.).	Poutet.
Charlon.	Rochon.
Cuchet (V.).	Rousselier (G.).
Desbief.	Rousselier (J.).
Dianous (de).	Valla.

CALVADOS

Assénat. | Roux (E.).

CANTAL

Pialat (P.).	Pochat.
--------------	---------

CHER

Boisgrollier (de).	Chainé.
Cartoux.	Deshouillères.

CÔTE-D'OR

Saillies-Clerget.	Vauvillier.
-------------------	-------------

CREUSE

Deville (J.-B.).	Président du Conseil d'administration des Mines d'Ahun.
------------------	---

DEUX-SÈVRES

Foujols.

DOUBS

Directeur des Forges d'Audincourt.

DROME

Durand (J.).	Regnard.
--------------	----------

EURE

Brard.	Letaud.
--------	---------

GARD

Astier.	Cluzel.
Audoyer.	Cordier.
Badin.	Cossange.
Baille.	Darodes.
Barrault.	Delafosse.
Baudrand.	Domergue.
Beau.	Dougados.
Berne.	Dubost (F.).
Bertharion.	Duny.
Bonnes.	Escalier.
Bonnevay.	Ferey.
Boyer (G.).	Fontaine (L.).
Brun (Pr.).	Gavet.
Chalmeton (F.).	Giffard.
Charles-Messance.	Glorieux.
Charvet.	Gudin du Pavillon.

Hutter (A.).
 Idoux.
 Laforce.
 Layre.
 Lombard.
 Magalon.
 Malartre.
 Marsaut.
 Martel.
 Maureau.
 Mazodier.
 Nègre.
 Nolibois.
 Olive.
 Olivier.
 Péchiney.
 Pellet (E.).

Petit (Paul).
 Peyre (E.).
 Peyre (L.).
 Place (de).
 Polge (U.).
 Randabel.
 Raspal.
 Reboul.
 Roux (C.).
 Satte.
 Soboul.
 Souchon.
 Thiébaud.
 Touren.
 Viallatoux.
 Xhignesse.

GARONNE (HAUTE-)

Laromiguière.
 Lebreton.
 Meurgey.

Salguès.
 Valette.

GIRONDE

Hermet.
 Langlade (de).

Michard.

HÉRAULT

Auzépy.
 Feyte.
 Fontaine (P.).
 de Lajudie.
 Mettrier.

Noviant.
 Parisse (F.).
 Pinmartin.
 Ruppé (M.).

ILLE-ET-VILAINE

Gollion.

ISÈRE

Bouchacourt.
 Bouvier.
 Charentenay (de).
 Couchoud.
 Defaix.
 Fond.
 Fontailles (H.).
 Jacquet.
 Vialleton.

Magnin.
 Nicolet.
 Pinat.
 Primat.
 Rolland (E.).
 Rolland (A.).
 Saux.
 Sovignet.
 Vivier.

JURA

Audemar.

LANDES

Terraillon.

LOIRE

Allimand.	Charreton.
Arbel.	Charvet (H.).
Arnaud (V.).	Chavanne.
Aulanier.	Chevalier.
Badiou.	Cholat.
Balazuc.	Chomienne (P.).
Barralon.	Clair.
Battut.	Claudinson.
Baudot (Ph.).	Clermont.
Bedel.	Coignet.
Bélanger.	Coing.
Benoît (Fleury).	Combeau.
Bernard (F.).	Comité des Houillères de la
Bethenod.	Loire.
Beutter.	Compagnie des forges de
Biehler.	l'Horme.
Biéatrix.	Couffinhal.
Blache.	Crozet.
Blanc (F.).	Cuinat.
Bonneville (de).	Dalzon.
Bouchut.	Danis.
Boudinhon.	Déflassieux.
Bouteille.	Denogent.
Brérault.	Desjoyaux.
Broyet.	Dessemond.
Brustlein.	Desvignes.
Buisson (Cl.).	Devillard.
Cacarrié.	Devun.
Chalicarne.	Deyrieux.
Chambre de Commerce de Saint-	Dignaron
Etienne.	Directeur des Houillères de
Chanal.	Saint-Chamond.
Chansselle.	Douvreleur.
Charousset.	Drillon.

Druges.
Dubost (J.).
Duc.
Duplay.
Du Puy.
Durand.
Evrard (Max.).
Faure (C.).
Friedel.
Garand.
Garbay.
Gardon.
Gauthier-Dumont.
Girard (F.).
Glasser.
Gorrand.
Grand'Eury.
Griot.
Grobot.
Guillot.
Harmet.
Holtzer (J. et C^{ie}).
Huard de la Marre.
Hugot.
Hugot fils.
Hulster (de).
Hutter (E.).
Imbert frères.
Jaboulay.
Lacombe.
Lafond.
Landrивon.
Lapierre.
Laponche.
Lasserre.
Laveaux.
Laville.
Leblanc.
Leriche.
Leseure.
Liénard.

Lyonnet.
Mallet.
Marrel (J.).
Marrel (L.).
Marrel (H.).
Maurice (P.-E.)
Maussier.
Ménessier.
Merlié.
Michalowski.
Micol.
Mirc.
Montgolfier (de).
Morchoine.
Mortier.
Mouille.
Murgue.
Oehler.
Pasquet.
Patelin (P.).
Perillon.
Perrève.
Perrin.
Petit (Paul).
Peycelon.
Picaud.
Pigeot.
Pocquet.
Ponsonnard.
Président du Conseil d'administration des Mines de Roche-la-Molière et Firminy.
Pupat.
Radisson.
Ray.
Revol.
Reymond.
Reynaud.
Rivoire.
Robert.
Rodde.
Rouff.

Rousset (du).	Suhr.
Saignol.	Tardivat.
Sangoy.	Tauzin.
Sauvajol.	Teyssèdre.
Serres (de).	Thomas (F.).
Simon (R.).	Umbach.
Société des Aciéries de Firminy.	Valdot.
Société des Mines de la Loire.	Verney.
Société des Houillères de Saint-Etienne.	Villet (F.).
Soulages.	Villiers.
	Voisin.

HAUTE-LOIRE

Biguet.	Huchon.
Binachon.	Moulin.
Charrier.	Renié.
Chenet.	Rostan.

LOIRE-INFÉRIEURE

Besset.	Jacquier.
Davy.	Lardy.

LOT

Chastelain.

MAINE-ET-LOIRE

Larivière.	Pernin.
Leydier.	Verzat.

MARNE

Mathieu.

MARNE (HAUTE-)

Ferry.	Mauroy (de).
Giros.	

MAYENNE

Theuriot.	Valez.
-----------	--------

MEURTHE-ET-MOSELLE

Aerts.	Hansel.
Ardizzone (Ch.).	Lebrun.
Balleydier.	Lepinats (de).
Barachon.	Majer de Lewalt.
Blanc (E.).	Marange.
Blanc (H.).	Mercier (J.).
Demonet.	Morard.
Directeur des Aciéries de Longwy.	Société des Fonderies de Pont-à-Mousson.
Duvivier.	Solvay et C ^{ie} .
Escalle.	Villain.
Fould-Dupont.	Wender.
Gouvy.	Zyromski.

MORBIHAN

Autissier.	Giband.
Debicki.	

NIÈVRE

Adenot.	Directeur des Mines de Decize.
Bouvier.	Saint-Phalle (de).
Busquet.	Salin.
Chapoteau.	

NORD

Antoine.	Collignon.
Barrillon.	Cosset-Dubrulle.
Barry.	Courtois.
Barthélemy.	Darphin.
Bergaud.	Davaine.
Boisseau.	Decout.
Bovio.	Delage.
Broussier.	Delcroix (F.).
Buchet.	Delcroix (L.).
Cabassut.	Deverne.
Chadefaux.	Dincq.
Chaillet.	Directeur des Mines d'Anzin.
Chiffert.	Dombre.

Dubois (J.).	Neu.
Dubois fils.	Noblet.
Duffieux.	Parent (L.).
Dumont (E.).	Pélabon.
Durand (J.).	Pellerin.
Engelbach.	Pérès.
Eynac.	Piérart.
Faible.	Portier (P.).
Favier.	Poteau (P.).
Fourcy.	Rabault.
François (A.).	Résimont.
Fraisse.	Rigo.
Frère (A.).	Rolland (L.).
Guinamard.	Saclier.
Harmegnies.	Saint-Vaulry (de).
Herscher-Geneste (E.).	Seyve.
Hutter (M.).	Silié.
Janssens de Burges.	Société de mécanique industrielle d'Anzin.
Joly.	Société des mines de Lens.
Kuss.	Société des Hauts-Fourneaux de Maubeuge.
Lacroix.	Tétard.
Lallemand.	Thiry (Ch.).
Lefèvre (L.-E.).	Thorez.
Lemay.	Tissot.
Lenclud.	Trognon.
Levavasseur.	Vertongen (Ch.).
Maillet.	Vertongen-Goens (A.).
Malissard-Taza.	Viala (G.).
Malissart.	Villain et Cie.
Maquart.	Vuillemin (E.).
Martin (Ch.).	Wauthy.
Martin (E.).	
Moutté.	

PAS-DE-CALAIS

Agniel.	Bergerat.
Alayrac.	Beuret.
Baily.	Bollaert.
Banquart.	Bouchez.
Bar.	Boyer.
Baron.	Braure.
Bayle (L.).	Bresson (I.).

Breton (L.).	Lavaurs.
Breton.	Lavigne.
Brice.	Leharle (G.).
Carrière.	Leroy.
Catrice.	Lombois.
Cazaban.	Maillard.
Chambure (de).	Malatray.
Chauvet.	Masson (A.).
Compagnie Vicoigne et Nœux.	Masson (L.).
Compagnie des Mines de	Mathevon.
Dourges.	Mercier (L.).
Compagnie Houillère de Ferfay.	Morin.
Conte.	Naissant.
Courtin.	Noguier.
Courtin (P.).	Petit (J.).
Craponne.	Pierra.
Cuchet (L.).	Pircker.
Cuvelette.	Poteaux.
Demeure.	Poumairac.
Desailly.	Prudhomme (J.).
Didier.	Remengeon.
Dinoire.	Renard.
Dirand.	Reumaux.
Doise.	Robiaud.
Domézon.	Robinet.
Dufraigne.	Rolland (G.).
Durant (V.).	Sartiaux.
Elby.	Simon (A.).
Escalle (J.).	Société des Houillères de Meur-
Fèvre.	chin.
Fontaine.	Société des Houillères de Liévin
Fougerolle.	Soulary.
Fumat.	Stiévenart.
Gonnet.	Tacquet.
Havard-Duclos.	Thiéry.
Jardel.	Viannay.
Jourdan.	Vignolle.
Juquelier.	Villet (A.).
Laffite.	Virely.
Lamborot.	Vuillot.
Launay.	

PUY-DE-DOME

Baudot (F.).	Matheron (E.).
Beaudrey.	Patelin (L.).
Damond.	Peyralbe.
Delas.	Servonnat.
Fayol (P.).	Trollat.
Genreau.	Vermorel.
Holtzer (P.).	Voiret.
Lévy (Ch.).	

PYRÉNÉES (BASSES-)

Delay.	Magnien.
Détanger.	Prudhomme.
Franck-Salomon.	

PYRÉNÉES (HAUTES-)

Coste Louis.	Fieuzet.
--------------	----------

PYRÉNÉES-ORIENTALES

Bessy (G.).	Duthu.
Combe.	

RHONE

Bague.	Ingénieur-directeur de l'Association Lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur.
Baure.	
Béguin.	
Boissieu (de).	La Chesnais.
Bonjour.	Manhès (P.).
Carteron.	Michel.
Chambon.	Nithard.
Chantiers de la Buire.	Ozier.
Charra.	Peyre (M.).
Chavanis.	Pochon.
Chion.	Ract-Madoux.
Cordier (E.).	Recolin.
Cunit.	Rivet.
Villaine (de).	Villiers (H.).
Villaine (de) (E. .	Viséo.
Freydier-Dubreul.	

SAONE (HAUTE-)

Balssac.	Liechty.
Directeur des Mines de Ronchamp.	Maréchal.
Jeandon.	Minier.
	Poussigue.

SAONE-ET-LOIRE

Batault.	Graillot (L.).
Bayle (P.).	Lachapelle (de).
Bellefille.	Lagoutte.
Bessy (J.).	Levet.
Bonnote.	Malplat.
Botton.	Martin (X.).
Brosse.	Mathet (L.).
Cambray.	Maubeck.
Chadefaux (M.).	Menu.
Chagot et C ^{ie} .	Morgues (de).
Chaine.	Nentien.
Champy.	Nugue.
Chamussy.	Perroy.
Cohade.	Piffaut.
Coste.	Pinette (G.).
Courcau.	Pinette (P.).
Desbans.	Poisot.
Destival.	Raymond.
Divary.	Riboud.
Dupont de Dinechin.	Saladin.
Durand (O.).	Saverot.
Galland (L.).	Société Houillère d'Epinae
Gauthier de Bellefond.	Thurillet.
Graillot (D.).	Voisin.

SARTHE

Leclère.

SAVOIE

Corbière.	Procureur.
Fayen.	

SAVOIE (HAUTE-)

Roche.

SEINE

Aguillon.	Couriot.
Albran (Paul).	Courtin (A.).
Amiot.	Coutrot.
Babu.	Crédit Lyonnais.
Baer.	Curières de Castelnau (de).
Bailloud.	Danton.
Barbier (E.-J.).	Darcy.
Bel.	Dayras.
Bergeron.	Decorps.
Beudin.	Degoutin.
Billy (de).	Delafond.
Boissières.	Delineau.
Bonnet (G.).	Demenge.
Bornet.	Denoyelle.
Bousquet.	Deshayes.
Braly.	Desrozières.
Bresson (G.).	Deville (V.).
Brichaux.	Directeur de la Société générale de la Dynamite.
Brüll.	Directeur de la Société du gaz et des hauts-fourneaux de Marseille.
Burthe.	Dorion.
Cambessédès.	Duclos.
Carnot (A.).	Dufour.
Castel.	Dujardin-Beaumetz.
Castellan.	Dumas.
Catelin (de).	Dupuis.
Champigny.	Durassier.
Charpentier.	Euverte.
Chaumier.	Evrard (A.).
Chesneau.	Evrard (P.).
Chevalier (E.).	Farcot.
Chosson.	Faure (J.).
Clamens.	Fayol (H.).
Clerc.	Feer.
Coincé.	Firminhac.
Compagnie Fives-Lille.	Fontaine (A.).
Compagnie des Mines du Boléo.	Forget.
Compagnie du Laurium.	Franchieu (de) (X.).
Cornesse.	
Cornuault.	

Gambaro.
 Garnier (J.).
 Gennes (de).
 Gensse.
 Girard.
 Gouvy (A.).
 Gruner.
 Guerreau.
 Guilhaumat (J.).
 Guillemin-Tarayre.
 Hardy.
 Halon de la Goupillière.
 Hennecart.
 Hirsch.
 Humblot.
 Imbert de Vanoy.
 Jacob (E.).
 Janet.
 Javal.
 Keller.
 Kolb-Bernard.
 Kuhn munch.
 Lamarche.
 Laur (Fr.).
 Lauras.
 Laurans.
 Ledoux.
 Lemonnier.
 Lencauchez.
 Lenique.
 Lequin.
 Levat.
 Le Verrier.
 Lévy (A.).
 Lévy (L.).
 Lippmann.
 Lodin.
 Lucius.
 Machavoine.
 Malot.
 Manigler.
 Mathet (F.).
 Max.

Micaud.
 Michel (L.).
 Mignot.
 Mirc (P.).
 Morineau.
 Nervo (de).
 Nivoit.
 Nozal.
 Olry.
 Panse.
 Papon de Lameigné.
 Parran.
 Pellé.
 Pernolet.
 Petitjean.
 Petiton.
 Piala.
 Pillez.
 Pitaval (R.).
 Ponchez.
 Portier (H.).
 Poulenc.
 Pourcel.
 Prat.
 Président du Conseil d'adminis-
 tration des Mines de la Loire.
 Rameau.
 Rateau.
 Rotteleur.
 Salanson.
 Schmidt.
 Schneider (P.).
 Sépulchre.
 Société des Forges de Monta-
 taire.
 Société des Mines de Carmaux.
 Société des Poudres de sûreté.
 Société de Châtillon-Commen-
 try.
 Société des Etablissements
 Cail.
 Société de Penarroya.
 Soubeyran.
 Suisse.

Taragonet.
 Terrel.
 Terrier.
 Tixier.
 Verdier.
 Verlant.
 Vialla (E.).

Vitali.
 Walkenaer.
 Weiss.
 Worms de Romilly.
 Wurgler.
 Zipperlen..

SEINE-ET-OISE

Boisset-Glassac (de).
 Doise.

Valton.
 Vuillemin (G.).

SOMME

Aubert.

| Guillemin.

TARN

Biver.
 Bureau.
 Chabaud.
 Compagnie des mines de Car-
 maux.

Espinasse.
 Gosse.
 Grand.
 Lapierre (G.).
 Mathet (P.).

VAR

Chevallier (L.).

| Fonteilles (F.).

VENDÉE

Mines de Faymoreau.

VIENNE

Mairine.

VOSGES

Allemand.

YONNE

Bardier.

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

QUI HABITENT LES COLONIES OU L'ÉTRANGER

Colonies.

ALGÉRIE

Angelvy.	Dumolard.
Auvergne.	Heusschen.
Baraige.	Jacob.
Bloch.	Milsom.
Castanié.	Rahman.
Cerner (de).	

NOUVELLE-CALÉDONIE

Fouletier (J.).

TONKIN

Beauverie.	Luc.
Escarré.	Mouchet.
Lagarde (de).	

TUNISIE

Berthier (J.).	Ingénieur de la Compagnie des
Chamboredon.	Phosphates de Gafsa.
Desportes (J.).	Sogno.

Etranger.

ALLEMAGNE

Bœcking.	Rexroth.
Boniver.	Tomson.
Breuer.	Waldthausen.

ALSACE-LORRAINE

Direction des Houillères de	Wencélius.
Stiring.	Wendel (H.) (de).
Simon (B.).	Wendel (R.) (de).

ANGLETERRE

Galloway.	Le Neve Foster.
Gerrard.	Simon (A.).
Hiby.	Thiry.
Jeans.	Walton-Brown.

AUSTRALIE

Stoutz (de).

AUTRICHE

Direction des Mines et Usines de l'archiduc Albert.	Gasco (P.). Rouveure.
--	--------------------------

BELGIQUE

Barlet.	Godin.
Beer.	Goffard.
Bihet.	Hacha.
Bouché.	Hanarte.
Bouquerot.	Lechat.
Bouriez.	Lezaack (de).
Bronne.	Moreau.
Chaudron.	Plédana.
Coppée.	Plumier.
Corin.	Société Cockerill.
Déjardin.	Société des Charbonnages du Nord de Charleroi.
Deulin.	Société Vieille-Montagne.
Direction des Charbonnages de Marcinelle.	Steinbach.
Dorzée.	Tellier.
Dubois.	Thiébaud (F.).
Duchêne.	Timmermans.
Dumont.	Trasenster.
Durant (H.).	Vandenpeereboom.
François (A.).	Vanhassel.
François (J.).	Zoude.
François (L.).	

BOLIVIE

Marion.

CHILI

Saez-Pasthène.

CHINE

David.

ESPAGNE

Balzola (V.).	Léon.
Benoist (P.).	Lopez.
Boutonnet (H.-J.).	Maurice (J.).
Chastel.	Meynier.
Courtin (H.).	Ratelade
Directeur de la Société de Penarroya, à Penarroya.	Say. Ingénieur principal de la Société Penarroya à Penar- roya.
Fouletier (P.).	Ingénieur principal de la Société Penarroya à Azuaga.
Franchieu (H. de).	Ingénieur principal de la Société Penarroya à Saint- Quintin.
Garcin.	Verdun.
Gromier.	Vieillard.
Guiraud.	Ybran.
Guyard.	
Humbert.	
Julien.	
Largillier.	
Lazurtegui (de).	

ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Andersen (Carl).

GRÈCE

Directeur des Mines du Laurium.	Georgiadès.
------------------------------------	-------------

HOLLANDE

Blankevoort.

HONGRIE

Muguet.

INDES NÉERLANDAISES

Wertheim (Clément).

ITALIE

Lamberto-Demarchi.	Parodi.
Mattalia.	

MEXIQUE

Michot.	Poillon.
---------	----------

PÉROU

Denegri (M.-A.).

PORTUGAL

Chapuy.

RÉPUBLIQUE-ARGENTINE

Moreteau.

RUSSIE

Arandarenko.

Balas.

Barbier (B.).

Bouroz.

Cros.

Debauche.

Deshons.

Directeur des Aciéries de Ma-
keevka.Directeur de la Société de la
Russie Méridionale.

Dubois (J.).

Faddeef (A.).

Henrion.

Journolleau.

Matheron (J.-C.).

Nesterowsky.

Pasquier.

Pérard.

Pierronne.

Piette.

Redon.

Ribeyron.

Riollot.

Saconney.

Société Huta Bankowa.

Société anonyme des Mines de
Czeladz.Société anonyme des Ateliers
de construction de Gorlowka

Vincens.

SIBÉRIE

Fougère.

SICILE

Cervello.

SUISSE

Goumoëns (de).

| Potier (J.).

TURQUIE

Beau (P.).

| Delorte.

Liste des Membres de la Société dont l'adresse n'est pas connue.

Del Boca.
Dubois (J.).
Laclautre.

Sohier.
Tostivint.

NOMBRE DE MEMBRES : 1.100.



TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

TOME XV — 1901

CONGRÈS INTERNATIONAL DES MINES & DE LA MÉTALLURGIE

Travaux du Congrès.

	PAGES
Chapitre I. Organisation du Congrès et travaux préparatoires	5
Chapitre II. Liste générale des membres du Congrès..	51
Chapitre III. Séance générale d'ouverture.....	101
Chapitre IV. Séances de la section des Mines.....	119
1 ^{re} Séance : Explosifs et aérage.....	119
2 ^e Séance : Conditions d'exploitation à grande profondeur.....	169
3 ^e Séance : Emploi de l'électricité dans les mines, haveuses et perforatrices mécaniques.	241
4 ^e Séance : Emploi de l'électricité dans les mines, préparation mécanique des minerais et des charbons.....	349
5 ^e Séance : Questions diverses.....	433
Chapitre V. Séances de la section de la métallurgie....	485
1 ^{re} Séance : Utilisation directe des gaz des hauts fourneaux.....	485
2 ^e Séance : Utilisation directe des gaz des hauts-fourneaux(suite) Progrès dans la fabrication des moulages d'acier. Aciers spéciaux et alliages	493
3 ^e Séance : Discussion sur les aciers.	545
4 ^e Séance : L'aluminium et les produits nouveaux obtenus par le moyen de l'électricité...	557

5 ^e Séance : Etude sur la déformation des métaux. Métallurgie de l'or. Questions diverses	627
Annexes	661
Chapitre VI. Banquet	749
Chapitre VII. Séance solennelle de clôture.....	759
Chapitre VIII. Compte rendu financier.....	779
Tables générales des publications faites à l'occasion du Congrès.....	783
Les machines d'épuisement souterraines, par M. A. LAPONCHE, ingénieur des Arts et Manufactures.....	813
Assemblée générale ordinaire du 19 mai 1901.....	975
Extraits des procès-verbaux des séances du Conseil d'administration.....	1011
Liste des publications reçues par la Société.....	1017
Liste générale des membres de la Société au 1 ^{er} no- vembre 1901.....	1021







